



TESIS SF 092006

**ANALISIS TOMOGRAFI 3D PADA GEMPA BUMI
DI SUMATERA MENGGUNAKAN *LOCAL EARTHQUAKE
TOMOGRAPHY***

Siti Diah Ayu Febriani
NRP. 11113201014

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS SF 092006

3D TOMOGRAPHY ANALYSIS OF EARTHQUAKE IN SUMATRA USING *LOCAL EARTHQUAKE TOMOGRAPHY*

Siti Diah Ayu Febriani
NRP. 11113201014

SUPERVISOR

Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

MAGISTER PROGRAME
STUDY ON GEOPHYSICS
DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
Siti Diah Ayu Febriani
NRP. 1113201014

Tanggal Ujian : 19 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU
NIP: 19620802 198701 1 001


(Pembimbing)


2. Dr. rer-nat. Eko Minarto, M.Si
NIP: 19750205 199903 1 004


(Penguji)

3. Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si
NIP: 19790716 200501 1 002


(Penguji)

Direktur Program Pascasajana,


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T
NIP. 19640405 199002 1 001

3D TOMOGRAPHY ANALYSIS OF EARTHQUAKE IN SUMATRA USING *LOCAL EARTHQUAKE TOMOGRAPHY*

By : Siti Diah Ayu Febriani

Student Identity Number : 1113201014

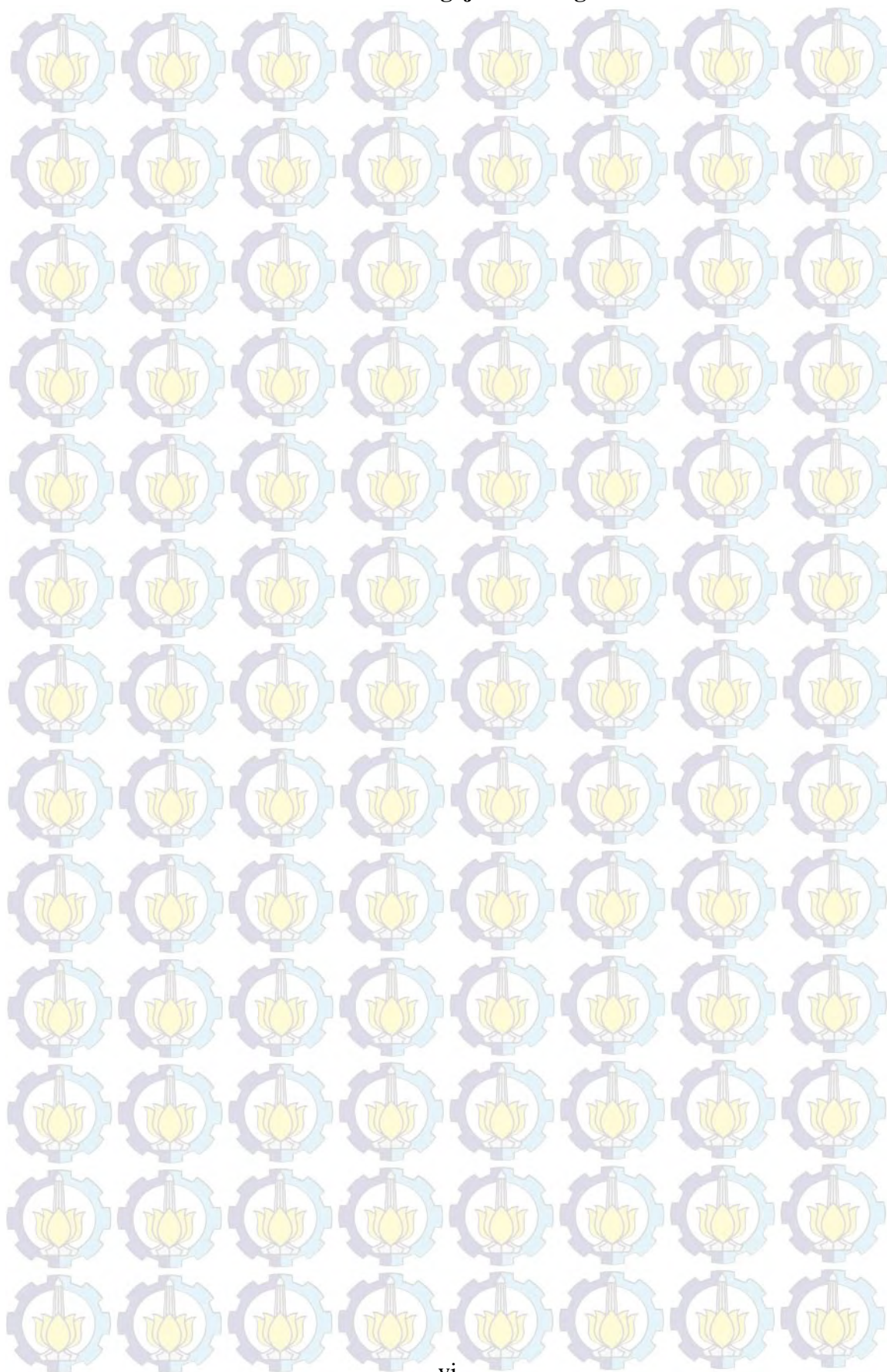
Supervisor : Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

ABSTRACT

Tectonic earthquakes need more detailed study because it has big influence of damage. Seismic method that has been used by several researchers to show the subsurface structure of the earth, tried to be applied in the area of Sumatra. Seismic tomography is a method of 3D local model development on a subsurface structure using seismic wave. Data processing steps on seismic tomography consist of the earthquake hypocenter determination using 1D model hypo71 software (Single Event Determination). 3D velocity distribution that consists of location of 3D model determining using ray tracing algorithms, grid parameterization and inversion using LSQR method (Least Square) and then it will be processed by using a 3D tomography inversion Local Earthquake Tomography Lotos-12. The result show that in upper crust have $V_p = 6.625$ km/s and $V_s = 4.064$ km/s, in lower crust have $V_p = 7.230$ km/s and $V_s = 4.269$ km/s, in upper mantle have $V_p = 7.935$ km/s and $V_s = 4.679$ km/s. In the vertical plane, minimum V_p/V_s ratio obtainable in depth 0 km until 55 km while high V_p/V_s ratio obtainable in depth 55 km until 110 km. 3D tomography have anomaly variation of V_p and V_s in north Sumatra, south Sumatra and west Sumatra that have negative anomaly and there is triplication effect with deviation for P wave and S wave in Mentawai and Nias Island.

Keywords : earthquakes, seismic tomography, V_p/V_s ratio

Halaman ini sengaja dikosongkan



ANALISIS TOMOGRAFI 3D PADA GEMPA BUMI DI SUMATERA MENGGUNAKAN *LOCAL EARTHQUAKE TOMOGRAPHY*

Nama mahasiswa : Siti Diah Ayu Febriani

NRP : 1113201014

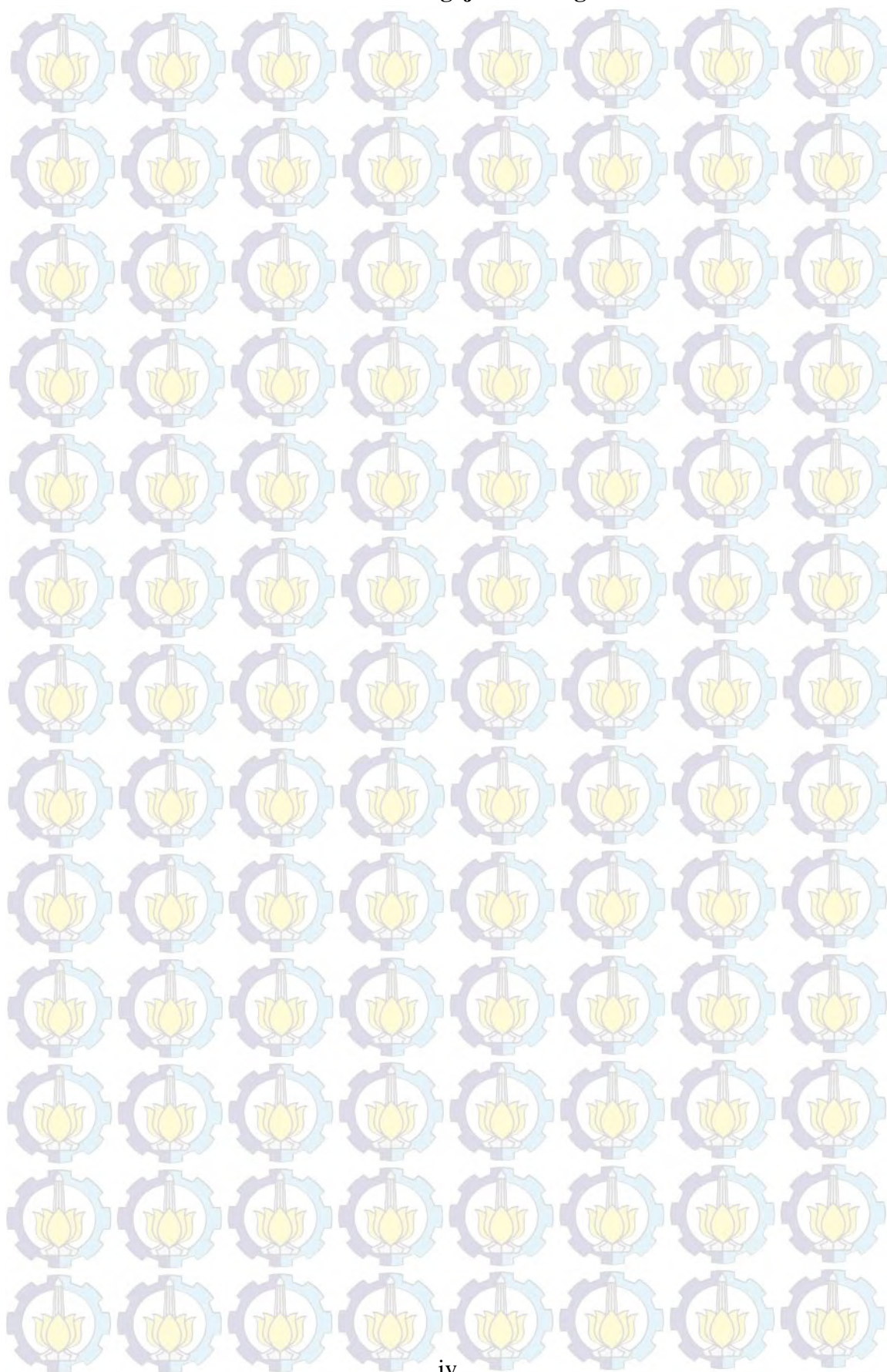
Pembimbing : Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, S.U.

ABSTRAK

Gempa bumi tektonik perlu mendapatkan kajian lebih detail dikarenakan pengaruh kerusakan yang ditimbulkan cukup besar. Metode seismik yang telah digunakan oleh beberapa peneliti untuk menunjukkan struktur bawah permukaan bumi dicoba untuk diterapkan di daerah Sumatera. Seismik tomografi adalah metode pengembangan karakteristik lokal model 3D pada struktur bawah permukaan suatu daerah menggunakan data gelombang seismik gempa bumi. Metodologi pengolahan data yaitu penentuan hiposenter gempa menggunakan hypo71 model bumi 1D dengan metode SED (*Single Event Determination*). Distribusi kecepatan 3D yang terdiri dari penentuan lokasi dalam model 3D menggunakan metode algoritma *ray tracing*, parameterisasi grid dan inversi menggunakan metode LSQR (*Least Square*), selanjutnya akan dilakukan pengolahan dengan menggunakan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* LOTOS-12 dalam model 3D. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa Pada bagian kerak atas V_p sekitar 6.525 km/s dan V_s sekitar 4.064 km/s, pada bagian kerak bawah V_p sekitar 7.230 km/s dan V_s sekitar 4.269 km/s dan pada bagian mantel atas V_p sekitar 7.935 km/s dan V_s 4.679 km/s. Pada bidang vertikal rasio V_p/V_s rendah diperoleh mayoritas pada kedalaman sekitar 0 km sampai 55 km, sedangkan rasio V_p/V_s tinggi berada pada mayoritas kedalaman 55 km sampai 110 km. Pada citra 3D diperoleh adanya variasi anomali V_p dan V_s di sekitar bagian utara Sumatera, selatan Sumatera dan barat Sumatera yang cenderung memiliki anomali negatif dengan dibuktikan adanya efek triplikasi pada deviasi kecepatan yang teresolusi baik untuk gelombang-P dan gelombang-S terdapat pada daerah kepulauan Mentawai dan Nias.

Kata kunci : gempa bumi, seismik tomografi, V_p/V_s ratio

Halaman ini sengaja dikosongkan



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan semesta alam yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “*Analisis Tomografi 3D Pada Gempa Bumi di Sumatera Menggunakan Local Earthquake Tomography*”, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata dua (S2) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

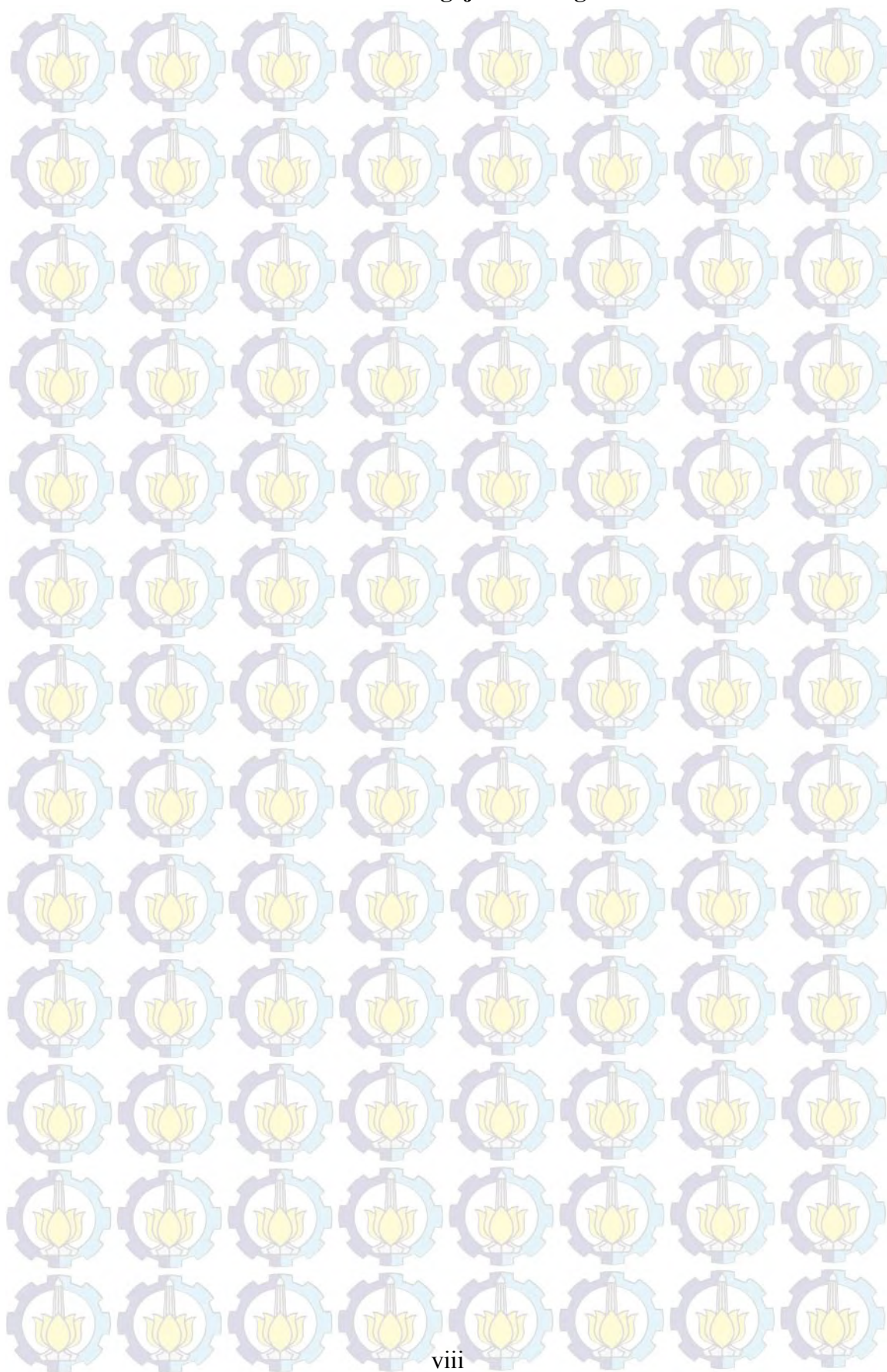
1. Prof. Dr. rer-nat. Bagus Jaya Santosa, SU., selaku Dosen Pembimbing tesis dan Dosen wali yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan dalam penulisan tesis ini;
2. Dr. rer-nat Eko Minarto, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Bintoro Anang Subagyo, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan tesis ini;
3. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember juga Pak Kiswanto selaku staff laboratorium Geofisika dan Pak Sungkono M.Si yang telah memberikan dukungan dan saran dalam mengerjakan tesis.
4. Dr. Ivan Kaulakov selaku pembuat perangkat lunak LOTOS-12 *Institut of Petroleum Geology and Geophysics*, Russia yang telah bersedia berdiskusi dan memberikan saran hingga tesis ini selesai.
5. Ayahanda (Nari S.E) dan Ibunda tersayang (Sihhartining), Mas Irwan S.T, M.T dan Mbak Novi S.T, Adek Yuli dan adek Lily plus adek Amy, Calon Suami Taufan Dwi Susilo S.Pd, Kedua Calon Mertua Ayah Sugeng Wiyono dan Ibunda Tri Prapti Hari Utami serta Calon Ipar Mas Erwin S.KM dan Mbak Tyas S.KM yang telah mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian tesis.
6. Teman-teman Laboratorium Geofisika mas Rady, Arya, Mbak Susi, Mbak Nisa, Indru, dan teman-teman pascasarjana fisika Intan, Indria, Uswah yang telah memberikan perhatian, doa dan semangat dalam menyelesaikan tesis.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Struktur Geologi Sumatera.....	5
2.2 Sistem Tektonik.....	6
2.2.1 Sesar.....	7
2.2.2 Gempa Bumi.....	8
2.3 Gelombang Seismik.....	8
2.3.1 Gelombang Badan (<i>Body Wave</i>).....	8
2.3.2 Gelombang Permukaan (<i>surface wave</i>).....	10
2.4 Sifat Fisis Batuan dan Hubungan antara Konstanta Elastisitas Medium Batuan dengan Kecepatan Gelombang P dan S.....	10
2.5 Metode Seismik Tomografi.....	11
2.5.1 Definisi Tomografi.....	11
2.5.2 Jenis-Jenis Permodelan Seismik Tomografi.....	11
2.6 Penentuan Lokasi Hiposenter menggunakan Hypo71.....	12
2.7 Seismik Tomografi dengan LOTOS-12	16

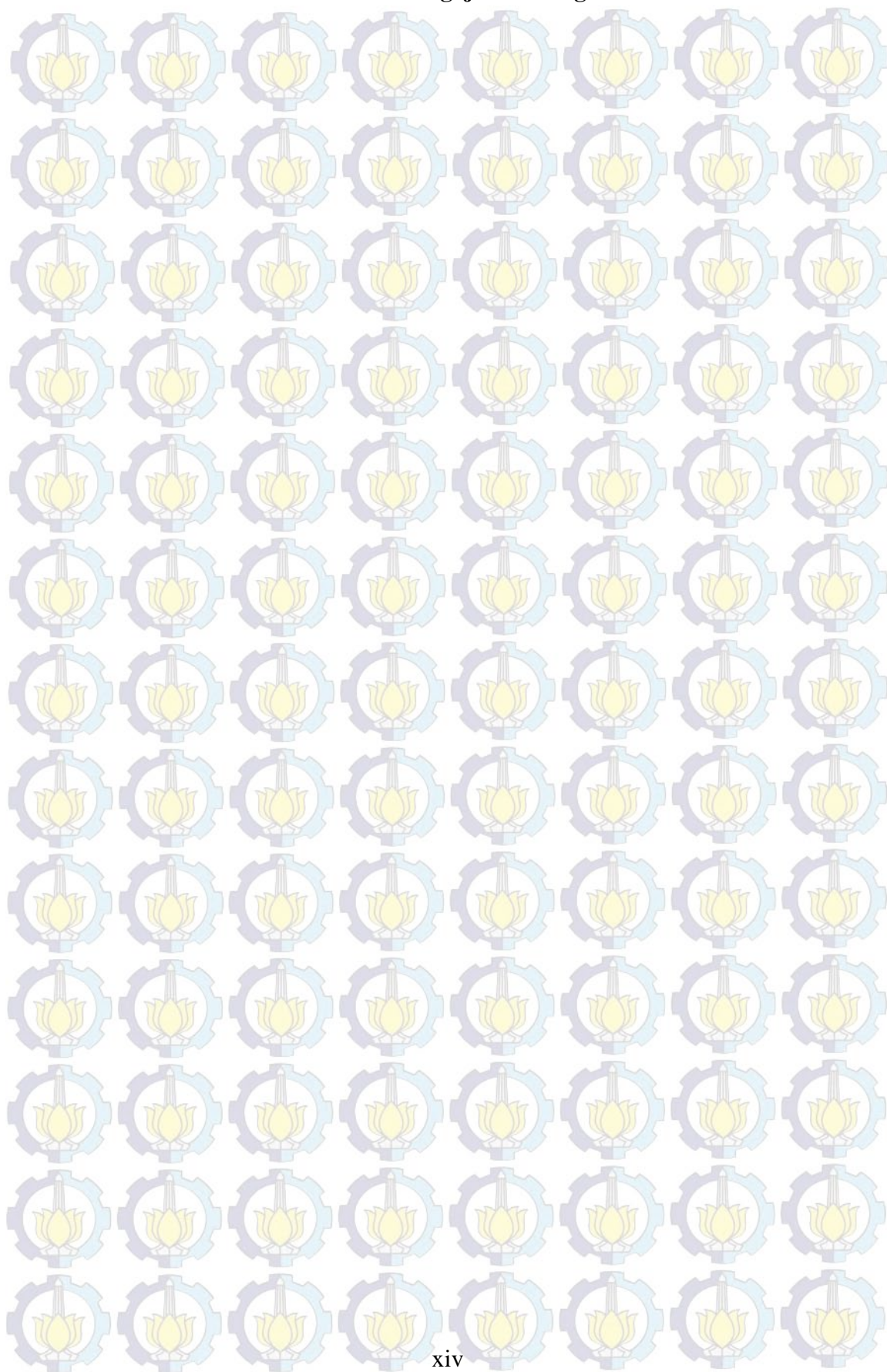
BAB 3. METODA PENELITIAN.....	25
3.1 Area Penelitian.....	25
3.2 Data Penelitian.....	25
3.3 Alat.....	26
3.4 Tahap Pengolahan Data.....	26
3.4.1 Kajian Literatur.....	26
3.4.2 Perekaman Data.....	27
3.4.3 Seleksi Data Rekaman.....	27
3.4.4 <i>Picking</i> gelombang-P dangelombang-S.....	27
3.5 Tahap Inversi Tomografi.....	28
3.5.1 Pembentukan struktur input data.....	28
3.5.2 Parameterisasi inversi menggunakan LOTOS-12	28
3.5.3 Pengaturan iterasi dan <i>output display</i>	28
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Data Perekaman dan Pra <i>Processing</i> Data.....	31
4.2 Relokasi Gempa menggunakan Hypo71.....	33
4.3 Analisis Distribusi Kecepatan 3D.....	41
4.4 Analisis Struktur Vp/Vs.....	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	61
BIODATA PENULIS.....	91

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Model referensi struktur kecepatan bumi wilayah Sumatera.....	16
Tabel 4.1	Identitas stasiun perekaman gempa bumi di Sumatera..	32
Tabel 4.2	Parameter gempa bumi Sumatera yang direlokasi.....	34
Tabel 4.3	Parameter <i>origin time</i> dan rms.....	36

Halaman ini sengaja dikosongkan

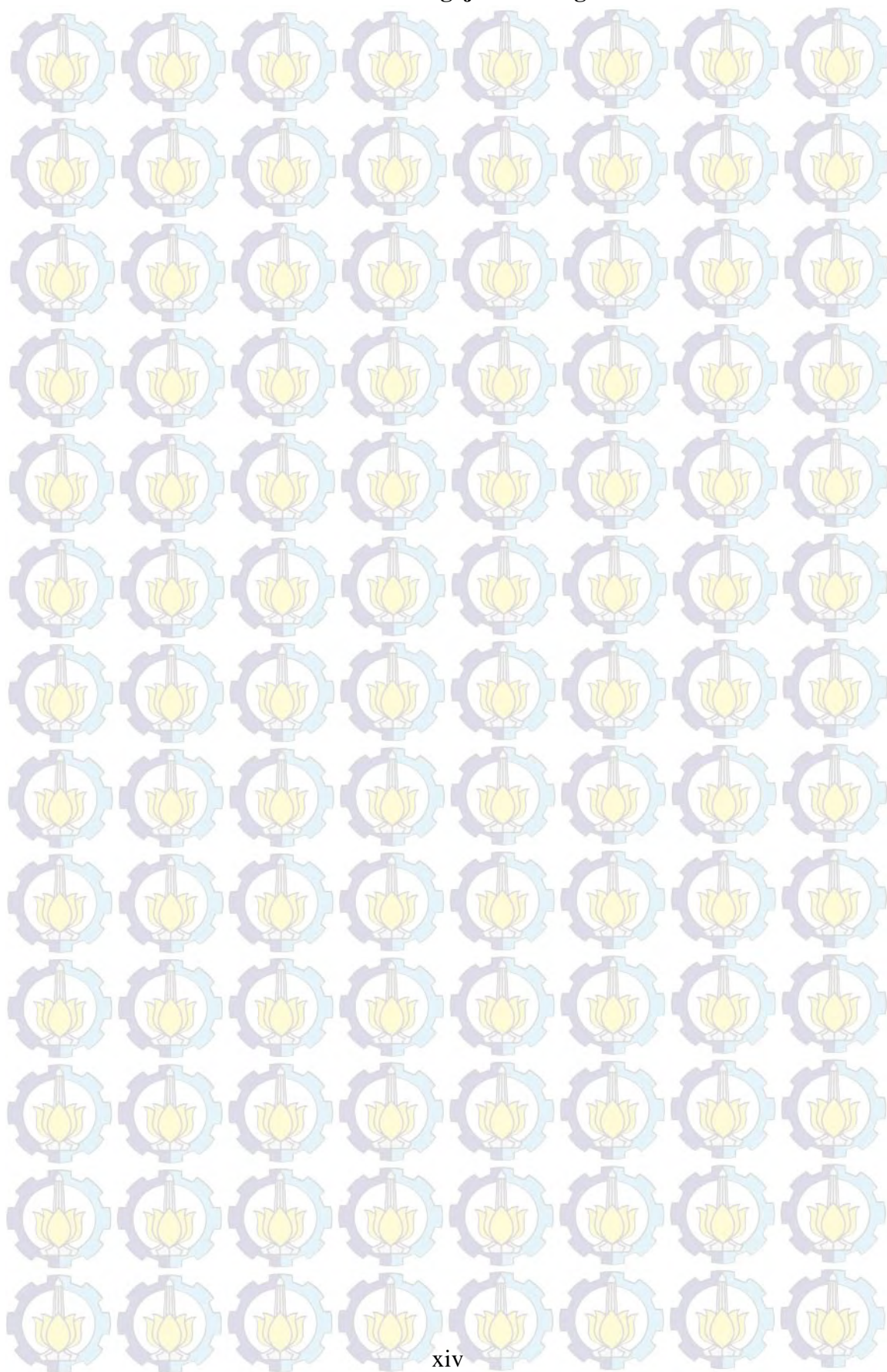


Lampiran 1	Rancangan dan Jadwal Kerja Penelitian.....	61
Lampiran 2	Data Gempa Dari WebDc.....	62
Lampiran 3	Data <i>Picking Seisgram</i>	64

Lampiran 1	Rancangan dan Jadwal Kerja Penelitian.....	61
Lampiran 2	Data Gempa Dari WebDc.....	62
Lampiran 3	Data <i>Picking Seisgram</i>	64

Lampiran 1	Rancangan dan Jadwal Kerja Penelitian.....	61
Lampiran 2	Data Gempa Dari WebDc.....	62
Lampiran 3	Data <i>Picking Seisgram</i>	64

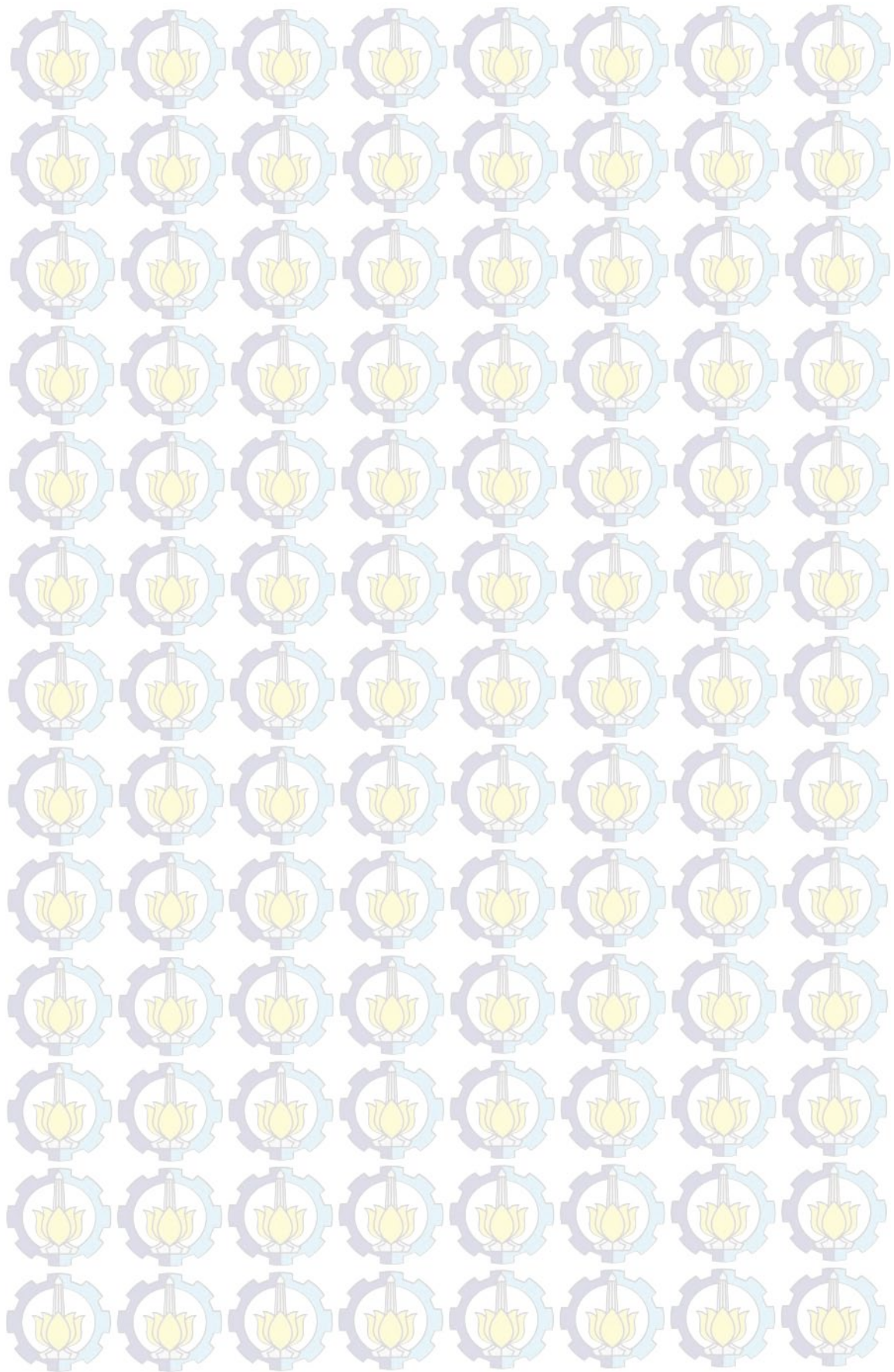
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta lempeng tektonik Sumatera	5
Gambar 2.2 Peta patahan dan gunung aktif daerah Sumatera.....	6
Gambar 2.3 Struktur dalam bumi.....	7
Gambar 2.4 Jenis-jenis sesar.....	7
Gambar 2.5 Gelombang Seismik.....	10
Gambar 2.6 Skema kerja menggunakan LOTOS.....	16
Gambar 2.7 Langkah utama optimalisasi kecepatan 1D dan lokasi sumber.....	17
Gambar 2.8 Ilustrasi dari skema tiga titik perturbasi.....	21
Gambar 2.9 Skema urutan perturbasi pada <i>ray tracing</i>	22
Gambar 2.10 Diagram alir <i>ray tracing pseudo bending</i>	22
Gambar 3.1 Peta area penelitian pulau Sumatera.....	25
Gambar 3.2 Peta pulau Sumatera dan stasiun perekam gempa.....	27
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 4.1 Analisis gelombang gempa menggunakan Seisgram2k.....	31
Gambar 4.2 Posisi gempa sebelum dan sesudah relokasi.....	38
Gambar 4.3 Posisi relokasi gempa dalam 3 dimensi.....	39
Gambar 4.4 Persebaran <i>event</i> gempa dan stasiun dengan <i>code</i> LOTOS.....	41
Gambar 4.5 Distribusi anomali kecepatan gelombang-P pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.....	43
Gambar 4.6 Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan distribusi kecepatan gelombang-P pada sayatan vertikal.....	44
Gambar 4.7 Anomali kecepatan gelombang-P pada sayatan vertikal.....	44
Gambar 4.8 Distribusi anomali kecepatan gelombang-S pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.....	45
Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan distribusi	

Gambar 4.9	kecepatan gelombang-S pada sayatan vertikal.....	46
Gambar 4.10	Anomali kecepatan gelombang-S pada sayatan vertikal	46
Gambar 4.11	Anomali kecepatan absolut gelombang-P pada sayatan vertikal.....	47
Gambar 4.12	Anomali kecepatan absolut gelombang-S pada sayatan vertikal.....	47
Gambar 4.13	Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.....	52
Gambar 4.14	Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan distribusi V_p/V_s pada sayatan vertikal.....	53
Gambar 4.15	Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.....	53
Gambar 4.16	Kurva waktu tempuh gelombang.....	54



DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K. And Lee, W.H.K. (1976), "Determination OF Three-Dimensional Velocity Anomalies Under a Seismic Array Using First P Arrival Times from Local Earthquakes, A Homogeneous Initial Model", *Journal Geophysics. Res*, Vol.81. No.23 hal. 4381-4399.
- Ardianti, D. (2012), "Penentuan Model Kecepatan Lokal 1D Gelombang P dan S sebagai Fungsi Kedalaman di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Metode Inversi Algoritma Genetika", *E-journal Universitas Negeri Surabaya*, Vol.1. No.1 hal. 1-11.
- Diamant, M., Harjono, H., Karta, K., Deplus, C., Dahrin, D., Zen Jr. M.T., Gerrard, M., Lassal, O., Martin, A., and Malod, J. (1992), "Mentawai Fault Zone off Sumatra: A New Key to the Geodynamics of Western Indonesia", *Geology* 20, p. hal. 259-262.
- Grandis, H. (2009), "Pengantar Permodelan Inversi Geofisika", *Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*. Institut Teknologi Bandung.
- Hamilton, W. (1974), "*Earthquake map of the Indonesian region*", USGS Misc. Invest. Ser. Map I-875c.
- Hamilton, W. (1979), "*Tectonic of the Indonesian region*". U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1078. hal. 345.
- Handayani, L., Permana, H., and Gaffar, E., Z. (2012), "Segmentasi tektonik aktif pada Lempeng Mikro Sumatra Bagian Utara (Aceh) ditinjau dari sebaran episenter gempa bumi", *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, vol 3 No.2. hal. 71-77.
- Hayes, G., P., Bernardino, M., Dannemann, F., Smoczyk, G., Briggs, R., Benz, H., M., Furlong, K., P., and Villasenor, A. (2010), "Seismic of The Earth 1900-2012 Sumatra and Vicinity", *Open File Report*. U.S. Department of The Interior and U.S. Geological Survey.
- Hidayat, N. Dan Santoso, E., W. (1997), "Gempa Bumi dan Mekanismanya", *Jurnal Alami*, vol 2 No 3. Hal. 50-52.
- Hirose, F., Nakajima, J., Hasegawa, A. (2008). Three Dimensional Fine Velocity Structure and Configuration of The Philippine Sea Slab in Southwestern Japan Estimated by Double-Difference Tomography. *Journal Geophysics. Res. Solid Earth*. 1978-2012.113.
- Hurukawa. (2008), *Practical Analysis of Local Earthquake*. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering.
- Ishida, M., Hasemi, A.H. (1988). Three Dimensional Velocity Structure and Hypocentral Distribution of Earthquake Beneath Tokai District Japan. *Journal Geophysics Res*.93.2076-2094.
- Katili, J., A. Hasemi, A.H. (1974). Sumatra in Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts: Data for Orogenic Studies. *AM Spenser*, pp.317. hal 31. Edinburgh: Scott. Academy. Press/London: Geology. Soc.
- Kayal, J. (2002), *Seismic Waves and Earthquake Location*. Geological Survey of India.

- Koulakov, I. (2009), "LOTOS code for local earthquake tomographic inversion. Benchmark for testing tomographic algorithms", *Bulletin of the seismological Society of America*, Vol 99, No 1, pp. hal. 194-214.
- Lay, T., Wallace, C.T. (1995), *Global Modern Seismology*. Vol. 58, Academic Press, California.
- Lee, W.H.K., Lahr, J.C. (1972). *Hypo71 (Revised): A Computer Program For Determining Hypocenter Magnitudo and First Motion Pattern of Local Earthquakes*. US Departement of The Geology Survey National Center for Earthquake Center.
- Madlazim dan Santosa, B.J., (2010), "Simultaneous Inversion for 1-d P-wave Velocity Model, Station Corrections and Hypocenters of Sumatra Earthquakes: 5th Ketingan Physics Forum, Sahid Jaya Solo Hotel.
- Malod, J.A., Karta, K., Bellier, M.O., and Zen Jr., M.T. (1995), "From Normal to Oblique Subduction: Tectonic Relationship between Java and Sumatra" *Journal of SE Asian Earth Sciences* Vol. 12, No 1/2, hal. 85-93.
- McCaffrey, R. (2009), "The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone", *Annual Review*, No.37. hal.345-366.
- Moos, D., and Zoback, M. (1983), "In Situ Studies of Velocity in Fractured Crystalline Rock", *Journal of Geophysical Research*, No.88.
- Munadi, S. (1992), *Mengenal Toografi Seismik*. LPL, No. 3/1992,p.239-248. Lemigas, Indonesia
- Naryanto, H., S. (1997), "Kegempaan Daerah Sumatera", *Jurnal Alami*, Vol. 2 No. 3. hal. 3-7.
- Natawidjaja, K. (2000), "Neotectonics of The Sumatra Fault, Indonesia", *Journal Geophysics. Res. 105.pp 282295*.hal. 326.
- Paige, C.C and Saunders, M.A. LSQR: an algorithm for sparse linier equations and spares least square, *ACM Trans. Math. Soft.*, Vol.8, hal.43-71.
- Puspito, N. T., Yamanaka, Y., Miyatake, T., Shimazaki, K. and Hirahara, K. (1993), "Three-dimensional P-wave velocity structure beneath the Indonesian region", *Tectonophysics*, Vol. 20, hal. 175-192.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Nugraha, A.D., Masturyono. (2012), "Pencitraan Struktur 3d Kecepatan Gelombang Seismik Menggunakan Metode Tomografi Double-Difference Dan Data Gempa Di Jawa Tengah", *JTM XIX* Vol. 2, hal. 82-94.
- Schon, J. H. (1996). "Physical Properties of Rocks". *Elvesier*. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford.
- Sudiyanto, A.S. (2014), "Interpretasi Struktur Kerak dan Mantel Atas di Bawah Provinsi Bengkulu Menggunakan Tomografi Seismik Waktu Tunda", Tesis. Tidak Dipublikasikan. Universitas Gadjah Mada.
- Suantika, G. (2009), "Pencitraan Tomografi Atenuasi Seismik 3-D untuk Delineasi Struktur Internal dan Karakterisasi Sifat Batuan di Bawah Gunungapi Guntur", Disertasi. Tidak Dipublikasikan. Institut Teknologi Bandung.
- Sukmono, S., Zen, M.T., Hendrajaya, L., Kadir, W. G. A., Santoso, D., and Dubois, J. (1997), "Fractal pattern of the Sumatra fault seismicity and its possible application to earthquake prediction", *Bulletin of the Seismological Society of America* Vol. 87, No. 6, hal. 1685-1690.

Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E, Keys,D.A., (1976), *Applied Geophysics*, New York, Cambridge University Press.

Um, J., and Thurber, C. (1987), "Algorithm for Two-Point Seismic Ray Tracing", *Bulletin of The Seismological Society of America*. Vol. 77. No. 3. hal. 966-972.

United States Departement of The Interior Geological Survey National Center for Earthquake Research. (1975), *Hypo71 (Revised): A computer Program for Determining Hypocenter, Magnitude and First Motion Pattern of Local Earthquakes*. Menlo Park, California.

United States Geological Survey. (1999), *Insides the Earth*. <http://pubs.usgs.gov/publications/text/inside.html>.

United States Geological Survey. (1999), *Earthquake Glossary-fault..* <http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=fault>.

Widiyantoro, S. and van der Hilst, R. D. (1997), "Mantle structure beneath Indonesia inferred from high-resolution tomographic imaging", *Geophysical Journal International*, Vol. 130, hal. 167-182.

Widiyantoro, S., Priyono, A., Suantika, G., Tambunan, E.S., and Adiwiarta, A.M. (2007), "New Information from Seismic Attenuation Tomography:Aplication to Guntur Volcano, *Proceeding of Joint Convention Bali 2007, HAGI-IAGI-IATMI*.

Wilson, P., Rais, J., Reigber, Ch., Reinhart, E., Ambrosius, BAC., Le Pichon, X., Kasser, M., Suharto, P., Majid, A., D., Othman B., H., Almeda, R., and Boonphak D., C. (1998), *Study provides data on active plate tectonics in Southeast Asia region., EOS Transactions, AGU*, 79, 545.

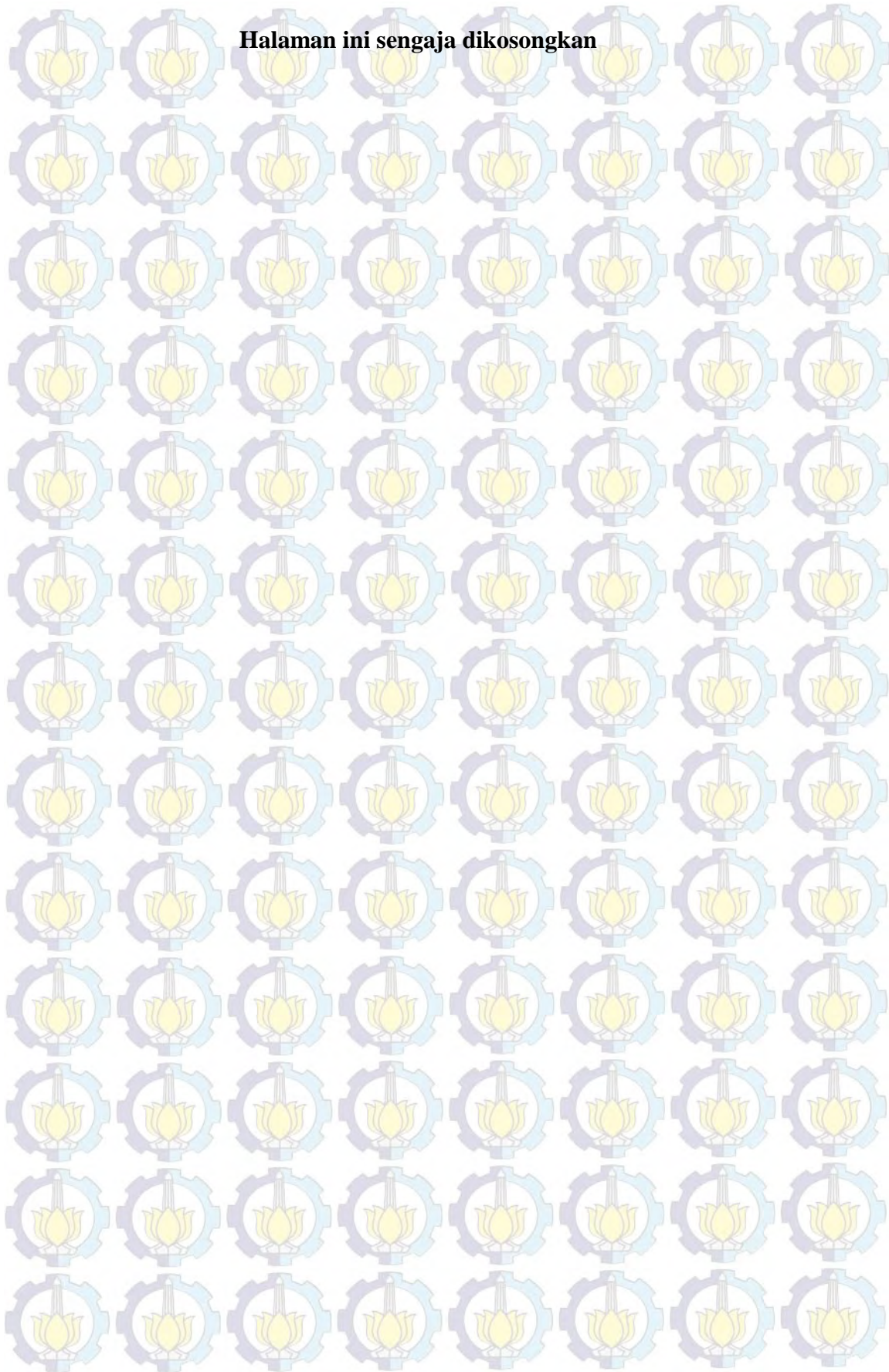
http://www.aeic.alaska.edu/faulting/ASRA_index.html

<http://www.google.co.id/map>. 2014

<http://www.webDC.eu>. 2014

<http://www.drs.dpri.kyoto.u.ac.jp/eqtap/report/indonesia>

Halaman ini sengaja dikosongkan



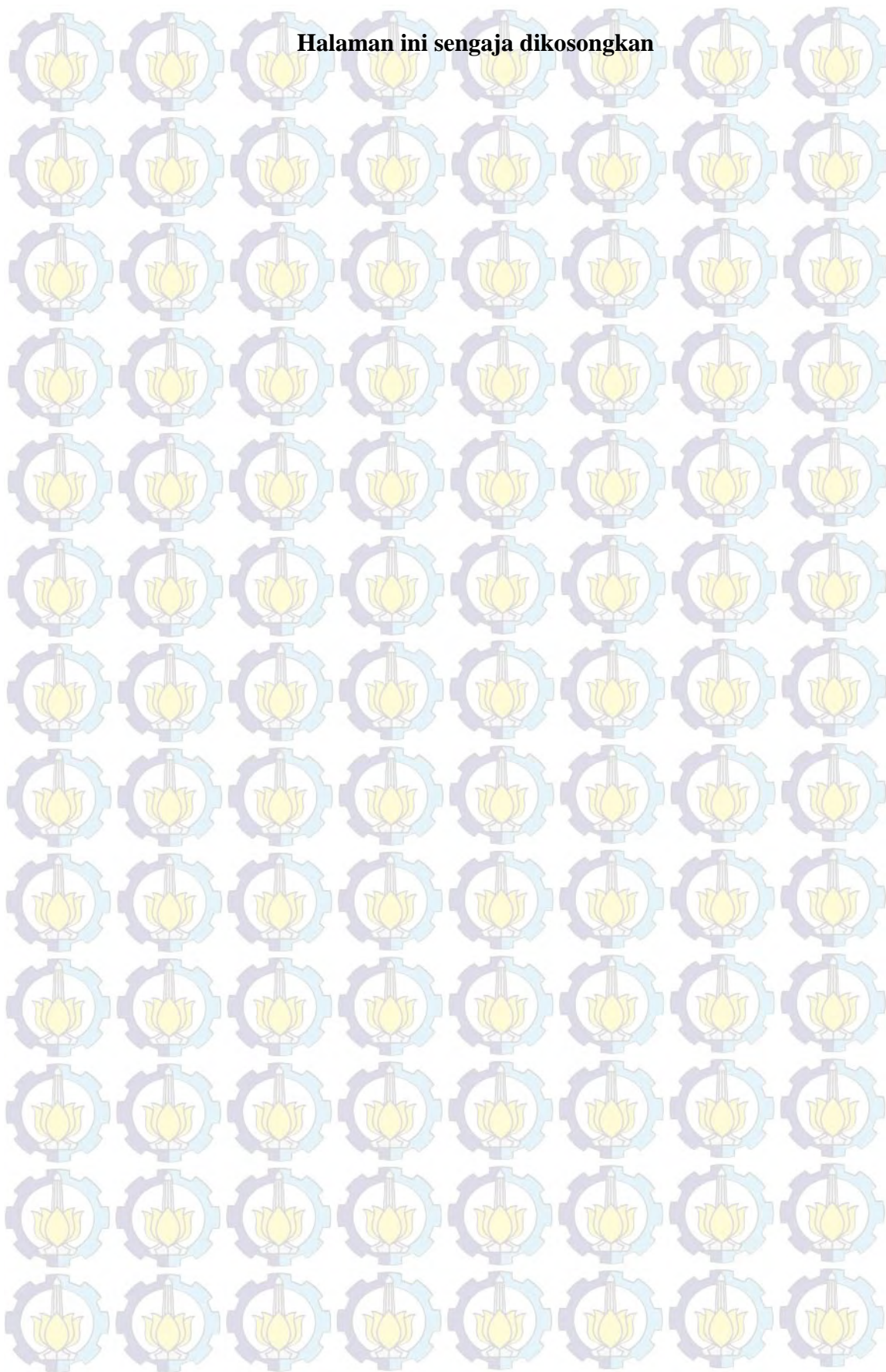
BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan dengan nama Siti Diah Ayu Febriani dari pasangan istimewa ayahanda Nari dan Ibunda Sihhartining di Jember pada 20 Februari 1991. Penulis melalui tahapan beberapa pendidikan di kota Pempek Sumatera Selatan tepatnya di SD Negeri 1 Sekayu (1996-2002), SMP Negeri 6 Sekayu (2002-



2005) dan SMA Unggul Negeri 2 Sekayu (2005-2008). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan strata satu (S1) di Universitas Jember tepatnya di Fakultas MIPA Jurusan Fisika (2008-2013). Selama studi, penulis mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang terkait dengan ilmu Fisika maupun organisasi dan kepemimpinan seperti pelatihan beberapa aplikasi *seismic processing*, *Basic operation of geology*, Penataan ruang kawasan patahan aktif, Pelatihan artikel ilmiah, Pelatihan kepemimpinan dan keterampilan manajemen mahasiswa tingkat dasar serta pelatihan jurnalistik tingkat dasar. Selain itu penulis juga memperoleh kesempatan untuk mencoba mengaplikasikan pada dunia kerja lewat program magang kerja di beberapa institusi seperti: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Bali (2010), Instalasi Radiologi RSD dr. Soebandi Jember (2011), Dinas Perhubungan Kab. Musi Banyuasin Prov. Sumatera Selatan (2011), Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Surabaya (2012) dan Instalasi Radiologi RS. Haji Surabaya (2012). Penulis aktif pada organisasi HIFAFI (Himpunan Mahasiswa Fisika) MIPA UNEJ, FORMASI (Forum Mahasiswa Fisika) JATIM, dan HFI (Himpunan Fisika Indonesia). Akhir kata, jika pembaca ada hal yang ingin didiskusikan dapat menghubungi ke: diah_nari@yahoo.co.id atau diah13@mhs.physics.its.ac.id.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu bagian Negara di dunia yang secara geografis berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik yakni lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng benua Eurasia (Rohadi *et al.*, 2012). Hidayat dan Santoso (1997) menambahkan bahwa pertemuan tiga lempeng tektonik tersebut akan membentuk jalur gempa dan jalur vulkanisme yang memberikan dampak besar pada distribusi penyebaran gempa bumi di Indonesia. Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di bumi sebagai akibat dari percepatan energi yang dilepaskan ke segala arah dari pusat sumbernya (Naryanto, 1997). Gempa bumi tektonik perlu mendapatkan kajian lebih detail dikarenakan pengaruh kerusakan yang ditimbulkan cukup besar. Hal yang perlu mendapatkan kajian seperti besarnya frekuensi, besarnya energi yang dibebaskan dan luas pengaruhnya pada pergerakan lempeng tektonik. Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau yang mempunyai aktivitas tektonik yang tinggi (Handayani *et al.*, 2012). Lajur zona subduksi pulau Sumatera adalah lajur lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan relatif sebesar 10 mm/tahun menunjam ke bawah lempeng Eurasia (Wilson *et al.*, 1998).

Studi tomografi telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya mengenai pengamatan struktur 3D pada mantel bumi di wilayah Indonesia diantaranya oleh Puspito *et al.*, (1993) dan Widiyantoro dan Van der Hilst (1997). Dengan adanya metoda seismik tomografi dapat memberikan informasi tentang gambaran interior bumi secara lebih detail untuk melakukan kelengkapan model interior bumi di area lainnya. Informasi tentang struktur interior bumi diperoleh saat terjadinya aktivitas tektonik dimana data gelombang datang yang mencapai permukaan bumi direkam oleh seismometer. Data yang terekam tersebut diperoleh dari penyebaran sinar yang menjalar ke segala arah melalui medium berbagai batuan bumi sebagai suatu parameter fisis dalam bentuk kecepatan dan penyerapan energi gelombang seismik.

Dalam ilmu seismologi, metode seismik biasanya digunakan untuk mendapatkan gambaran permukaan bumi dalam bentuk gelombang seismik (Telford *et al.*, 1976). Seismik tomografi merupakan sebagai salah satu teknik untuk memperoleh gambaran suatu obyek dalam bentuk benda padat tanpa harus melakukan suatu pemotongan, akan tetapi dapat dilakukan dengan kegiatan pengukuran berbagai arah (Munadi, 1992). Lay dan Wallace (1995) menambahkan pengertian dari seismik tomografi yaitu sebagai metode pengembangan karakteristik lokal model 3D pada struktur bawah permukaan suatu daerah.

Seismik tomografi terdiri dari 2 buah proses permodelan yakni permodelan ke depan (*forward tomography*) dan permodelan ke belakang (*inverse tomography*). Pada penelitian ini penulis menggunakan proses tomografi dengan permodelan ke belakang yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi kecepatan struktur batuan bawah permukaan bumi. Obyek pada penelitian ini adalah gempa-gempa di pulau Sumatera yang telah terekam oleh stasiun pengamat gempa bumi, selanjutnya akan dilakukan pengolahan dengan menggunakan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12 yang dibuat dan dikembangkan oleh Koulakov (2009) dengan pertimbangan beberapa kelebihan yaitu dapat menghasilkan inversi V_p – V_p/V_s , struktur data yang lebih sederhana dan penjelasan yang lebih detail yang selanjutnya dilakukan korelasi dengan data geologi yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara menentukan waktu tiba gelombang-P (t_p) dan waktu tiba gelombang-S (t_s)?
- b. Bagaimana menentukan distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan kecepatan gelombang-S?
- c. Bagaimana tomografi 3D pulau Sumatera menggunakan inversi tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh pada penelitian ini adalah:

- a. Memperoleh waktu tiba gelombang-P (tp) dan waktu tiba gelombang-S (ts).
- b. Memperoleh citra distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan kecepatan gelombang-S pulau Sumatera.
- c. Mendapatkan penampang bawah permukaan menggunakan metode tomografi *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12.

1.4 Batasan Masalah

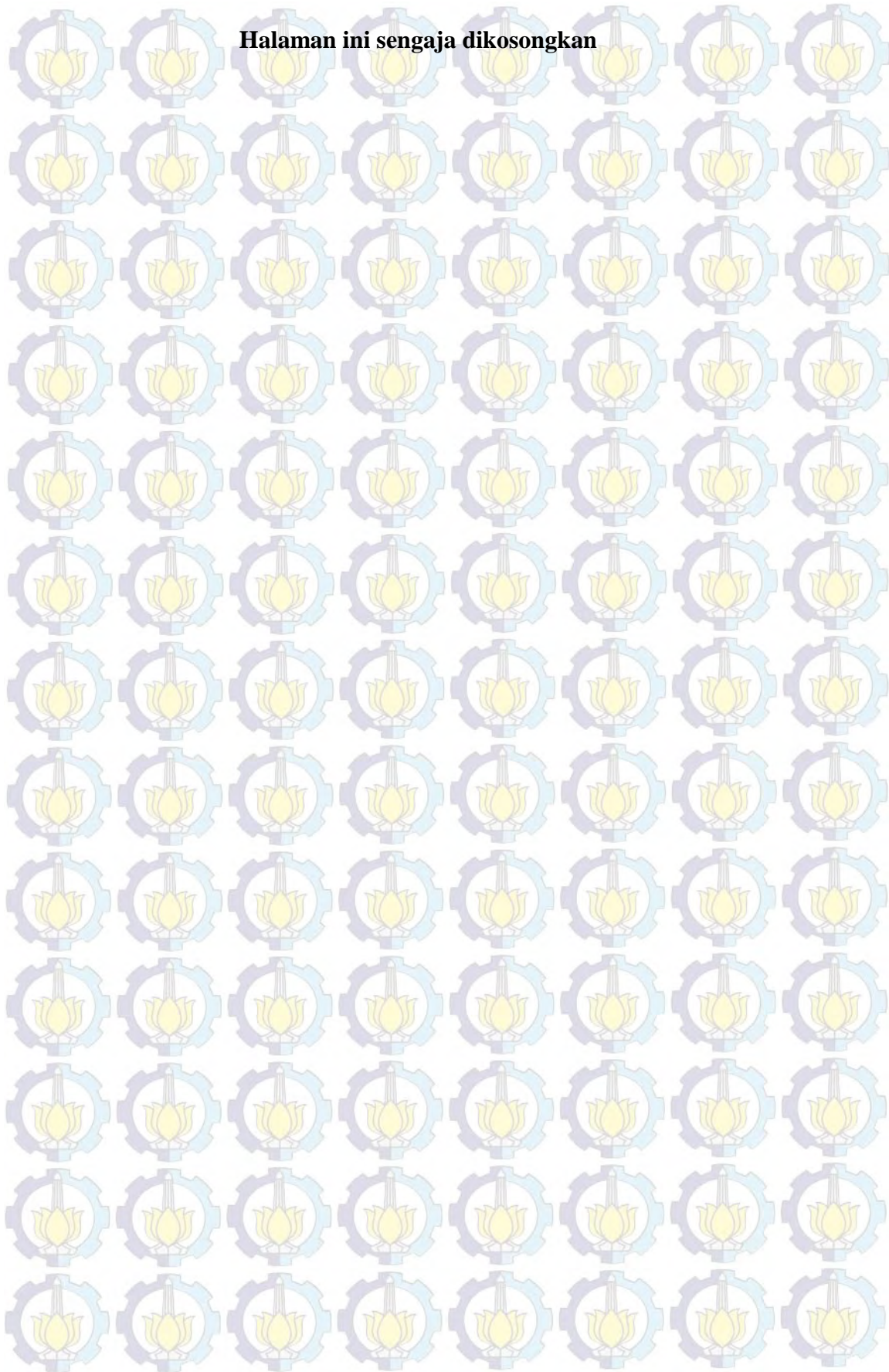
Masalah pada penelitian ini dibatasi pada beberapa hal yaitu:

- a. Data yang digunakan merupakan data gempa bumi di pulau Sumatera (-6°LU - 6°LU dan 95°BT - 108°BT) pada tanggal 10 Maret 2013 sampai 10 Maret 2014.
- b. Pengolahan data awal pada penentuan waktu tiba gelombang-P dan waktu tiba gelombang-S menggunakan perangkat lunak Seisgram2K60.
- c. Proses inversi tomografi menggunakan *Local Earthquake Tomography* (LET) LOTOS-12

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini antara lain terdiri dari Bab 1. Pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan. Bab 2. Tinjauan Pustaka yang berisi kajian literatur yang digunakan sebagai bahan acuan pada penelitian. Bab 3. Metodologi Penelitian yang berisi area penelitian, data penelitian, alat, tahapan penelitian, inversi data menggunakan LOTOS-12 dan diagram alir penelitian. Bab 4. Hasil dan Pembahasan yang berisi tentang hasil analisis data yang diperoleh selama penelitian. Bab 5. Kesimpulan dan Saran yang berisi Kesimpulan dan Saran.

Halaman ini sengaja dikosongkan

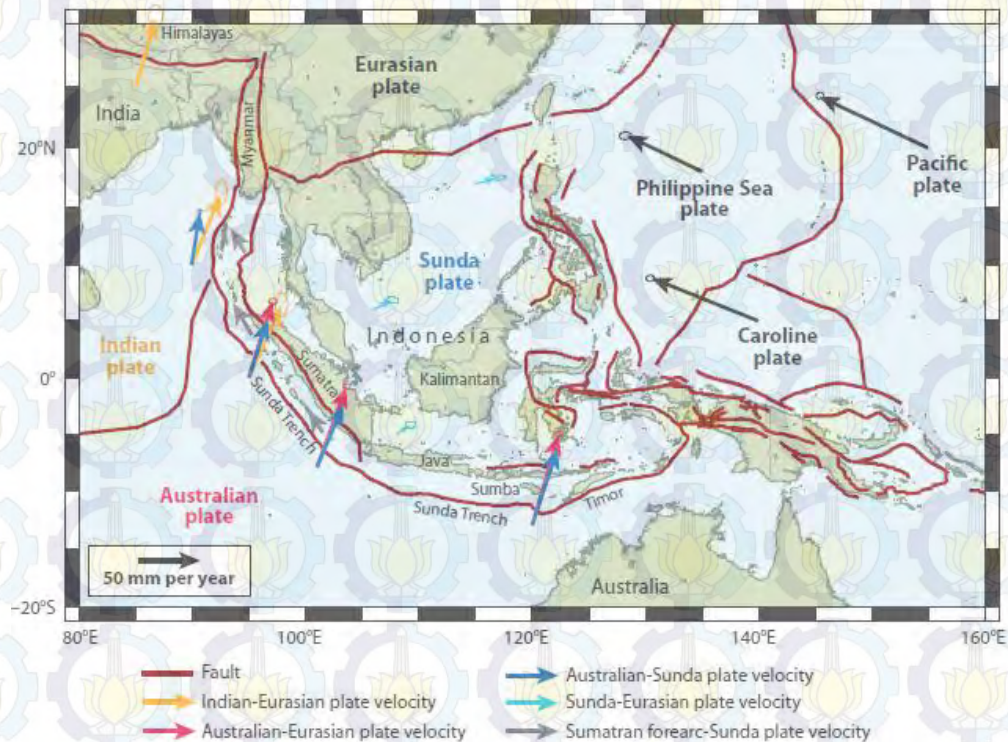


BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Struktur Geologi Sumatera

Pulau Sumatera termasuk salah satu pulau di Indonesia dengan letak astronomis pada -6°LU sampai 6°LU dan 95°BT sampai 108°BT . Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau yang mempunyai aktivitas tektonik yang tinggi (Handayani *et al.*, 2012). Lajur zona subduksi pulau Sumatera adalah lajur lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan relatif sebesar 10 mm/tahun menunjam ke bawah lempeng Eurasia (Wilson *et al.*, 1998).

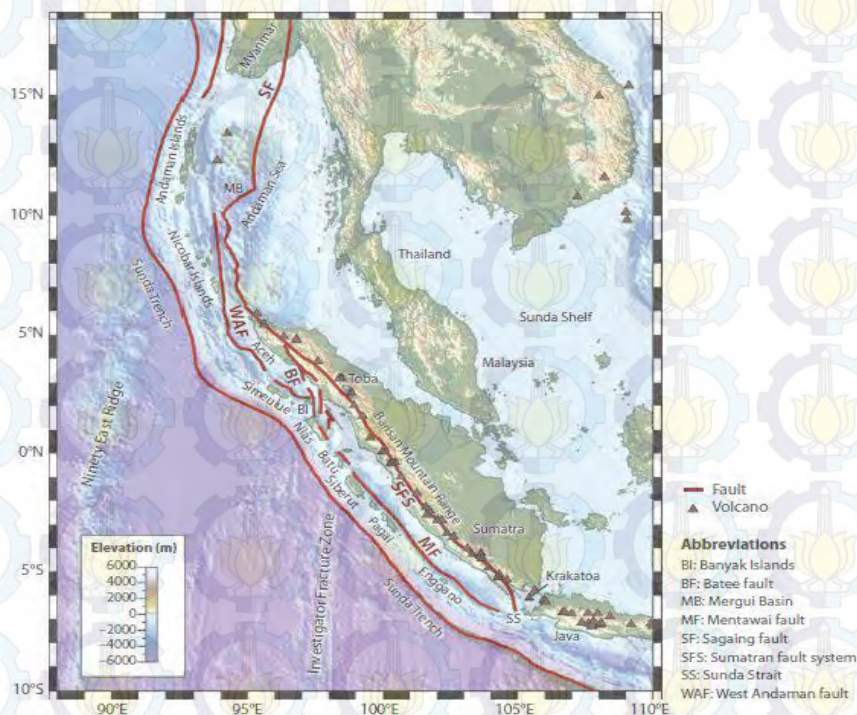


Gambar 2.1 Peta lempeng tektonik Sumatera (McCaffrey, 2009)

Pergerakan lempeng yang menunjam tersebut sangat mempengaruhi aktivitas tektonik di pulau Sumatera antara lain adanya lajur sesar Sumatera dan lajur sesar Mentawai yang diakibatkan oleh arah subduksi dengan arah relatif miring terhadap daratan Sumatera yang memanjang dari utara hingga selatan pulau Sumatera (Diamant *et al.*, 1992; Malod *et al.*, 1995). Penelitian segmentasi

lempeng mikro Sumatera telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Diament *et al.*, (1992) dan Sukmono *et al.*, (1997) yang menunjukkan bahwa adanya kemungkinan pembagian segmen tektonik lebih detail yang selanjutnya berkontribusi pada pembagian daerah seismik aktif.

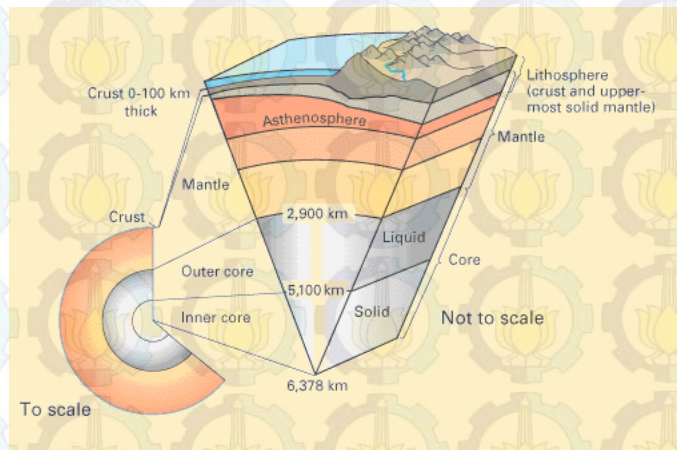
Hamilton (1974, 1979) mendeskripsikan tentang patahan tektonik Sumatera dimana Sumatera terletak di tepian Sunda dan mengekspos batuan Granit (Gambar 2.2). Pada sepanjang Bukit Barisan meliputi batuan Pretertiary yang ditutupi oleh batuan vulkanik Kenozoikum.



Gambar 2.2 Peta patahan dan gunung api aktif daerah Sumatera (McCaffrey, 2009)

2.2 Sistem Tektonik

Secara umum bumi terdiri dari beberapa lapisan antara lain inti bumi dalam, inti bumi luar, mantel bumi dan kerak bumi. Inti bumi bagian dalam mempunyai suhu sangat tinggi yang merupakan daerah padat, inti bumi bagian luar merupakan daerah cair, daerah mantel bumi umumnya lebih padat dari inti luar tetapi pada bagian yang berdekatan dengan kerak bumi bersifat plastis sehingga mengarah ke daerah cair dan kerak bumi atau biasa dikenal dengan istilah litosfer yang terdiri dari kerak benua dan kerak samudera.



Gambar 2.3 Struktur dalam bumi (USGS, 1999)

2.2.1 Sesar

Dalam bidang seismotektonik dikenal istilah sesar (*fault*) yang merupakan rekahan akibat pertemuan blok lapisan kerak bumi yang bergerak relatif terhadap arah rekahan, sedangkan bidang sesar didefinisikan sebagai permukaan yang menjadi tempat terjadinya gempa bumi (USGS, 1999). Ada tiga jenis sesar yang telah dikenal antara lain sesar *strike-slip* dimana sesar yang terjadi ketika dua blok bertemu yang bergerak horizontal, sesar normal dimana sesar yang terjadi ketika dua blok pada bagian atas bidang sesar bersinggungan bergerak turun sedangkan sesar bagian blok pada bagian bawah bidang sesar relatif diam dan sesar *thrust* yang terjadi ketika dua blok pada bagian atas bidang sesar bersinggungan bergerak naik.



Gambar 2.4 Jenis-Jenis Sesar (USGS, 1999)

2.2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi dapat didefinisikan sebagai getaran yang terjadi di bumi sebagai akibat dari percepatan energi yang dilepaskan ke segala arah dari pusat sumbernya (Naryanto, 1997). Gempa bumi tipe tektonik yang diakibatkan oleh adanya pergerakan lempeng tektonik perlu mendapatkan kajian lebih detail dikarenakan pengaruh kerusakan yang ditimbulkan cukup besar. Hal yang perlu mendapatkan kajian seperti besarnya frekuensi, besarnya energi yang dibebaskan dan luas pengaruhnya pada pergerakan lempeng tektonik yang biasanya sering terjadi pada zona subduksi dan patahan. Parameter gempa bumi antara lain waktu terjadi (*origin time*) adalah waktu terjadinya gempa bumi yang biasanya dikarenakan lempeng tektonik bumi mengalami tekanan atau gesekan, hiposenter adalah pusat gempa bumi yang terdapat di dalam permukaan bumi, episenter adalah daerah di permukaan bumi yang tegak lurus terhadap hiposenter, *magnitude* adalah besaran yang menunjukkan kekuatan gempa dalam satuan Skala Richter dan intensitas yang merupakan besaran yang menunjukkan kekuatan gempa berdasarkan kerusakannya (Hurukawa, 2008).

2.3 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan salah satu jenis gelombang elastik yang merambat di dalam bumi melalui lapisan batuan dimana dapat mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan dan sebaliknya dapat mentransfer pergerakan partikel menjadi energi. Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antar satu lapisan dengan lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Gelombang seismik terbagi menjadi gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

2.3.1 Gelombang Badan (*body wave*)

Menurut Lay and Wallace (1995) gelombang badan (*body wave*) terbagi menjadi gelombang primer yang mempunyai kecepatan gelombang lebih besar dan gelombang sekunder yang mempunyai kecepatan gelombang lebih kecil.

a. Gelombang Primer

Gelombang Primer didefinisikan sebagai gelombang seismik yang mempunyai arah rambat dan arah getaran searah dengan arah gerak batuan yang dilewati oleh gelombang. Gelombang primer adalah gelombang yang pertama kali sampai pada alat pencatat gempa (seismogram). Secara matematis hubungan kecepatan gelombang-P (V_p) dengan konstanta elastik dan parameter fisis dapat di tuliskan (Kayal, 2002):

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4\mu}{3}}{\rho}} \quad (2.1)$$

Dengan K adalah *modulus bulk*, V_p adalah kecepatan gelombang-P, μ adalah *modulus Regiditas/geser* dan ρ adalah rapat jenis.

b. Gelombang Sekunder

Gelombang Sekunder didefinisikan sebagai gelombang seismik yang terjadi akibat adanya eksitasi gempa bumi yang mempunyai arah rambat dan arah getaran tegak lurus dengan arah gerak batuan yang dilalui. Menurut Kayal (2002) secara matematis kecepatan gelombang sekunder dapat dituliskan:

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$

Poisson ratio dapat didefinisikan sebagai ukuran perubahan bentuk geometri karena adanya tekanan. Dalam studi kasus batuan, suatu batuan yang memiliki induksi fluida akan meningkatkan nilai *Poisson ratio* dan sebaliknya batuan yang tidak terinduksi fluida akan menurunkan nilai *Poisson ratio*. Selanjutnya, hal ini akan menyebabkan penurunan nilai kecepatan gelombang-P dan gelombang-S. *Poisson ratio* yang dapat diperoleh dari perbandingan antara cepat rambat gelombang-P dan gelombang-S yaitu:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1} \right] \quad (2.3)$$

2.3.2 Gelombang Permukaan (*surface wave*)

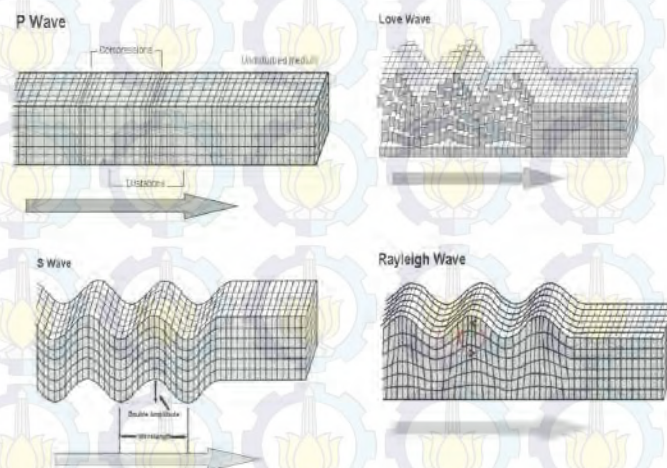
Gelombang permukaan merupakan jenis gelombang seismik yang hanya merambat pada permukaan bumi dengan amplitudo yang semakin melemah terhadap kedalaman bumi. Gelombang permukaan terbagi menjadi dua yaitu:

a. Gelombang *Rayleigh*

Gelombang yang merambat pada batas atas permukaan saja dengan arah getaran berlawanan dengan arah perambatannya.

b. Gelombang *Love*

Gelombang *love* merupakan gelombang yang merambat pada batas lapisan dengan arah gerak pada bidang horizontal.



Gambar 2.5 Gelombang Seismik
(http://www.aeic.alaska.edu/faulting/ASRA_index.html)

2.4 Sifat Fisis Batuan dan Hubungan antara konstanta Elastisitas Medium Batuan dengan Kecepatan Gelombang P dan S

Sifat fisis batuan dapat didefinisikan sebagai sifat batuan yang dapat diukur dan diteliti tanpa mengubah susunan dari zat batuan. Ada beberapa sifat fisis batuan antara lain (Schon, 1996):

a. Densitas

Densitas adalah besarnya massa setiap volume. Jika dikorelasikan dengan densitas batuan yaitu perbandingan densitas batuan pada tekanan dan temperatur normal.

b. Porositas

Porositas batuan adalah perbandingan volume pori yang ditempati fluida terhadap volume total batuan.

c. Saturasi

Saturasi adalah fraksi fluida yang menempati pori-pori batuan.

Batuan sebagai medium elastis dengan densitas mempunyai parameter elastisitas seperti *shear modulus* (μ), *Young modulus* (E), *bulk modulus* (K). *Shear modulus* adalah rasio antara tekanan geser dengan perubahan panjang. *Young modulus* adalah rasio antara tekanan normal dengan perubahan panjang. *Bulk modulus* adalah rasio antara tekanan normal dengan perubahan volume. Gelombang-P dan gelombang-S tergantung pada *shear modulus* yang mencerminkan kecepatan gelombang geser. Pada gelombang-P tergantung juga pada *bulk modulus* sedangkan untuk gelombang-S tidak bergantung pada *bulk modulus*.

2.5 Metode Seismik Tomografi

2.5.1 Definisi Seismik Tomografi

Tomografi dapat didefinisikan sebagai salah satu teknik khusus yang digunakan untuk memperoleh gambaran bagian dalam suatu obyek yang dapat berupa benda padat tanpa harus melakukan pemotongan (Munadi, 1992). Lay dan Wallace (1995) menambahkan pengertian dari seismik tomografi yaitu sebagai metode pengembangan karakteristik lokal model 3D pada struktur bawah permukaan suatu daerah dari model 1D. Karakteristik medium dapat digambarkan oleh parameter fisis seperti kecepatan dan penyerapan energi gelombang seismik. Dimensi struktur bawah permukaan diwakili oleh keberadaan anomali sifat fisis medium terhadap sifat fisis medium di sekitarnya. (Telford *et al.*, 1976).

2.5.2 Jenis-Jenis Permodelan Seismik Tomografi

Dalam ilmu geofisika, model dan parameter model biasanya digunakan dalam proses karakterisasi kondisi geologi bawah permukaan. Permodelan adalah proses estimasi model dan parameter model yang didasarkan pada data yang teramati di permukaan bumi. Ada 2 jenis permodelan yaitu permodelan ke depan

(*forward modeling*) dan permodelan ke belakang (*inverse modeling*). Pada *forward modeling* menganggap bahwa proses perhitungan data yang secara teoritis akan teramati di permukaan bumi jika diketahui harga parameter model bawah permukaan tertentu (Grandis, 2009). *Forward modeling* memiliki kelemahan dimana akan menghabiskan banyak waktu komputasi untuk memodelkan pergerakan gelombang, sehingga pada penelitian ini digunakan proses permodelan ke belakang (*inverse modeling*), yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi kecepatan struktur batuan bawah permukaan bumi dengan cara meminimumkan kesalahan (*error*) antara waktu rambat pengamatan dengan waktu rambat perhitungan.

2.6 Penentuan Lokasi Hiposenter menggunakan Hypo71

Hipocenter merupakan lokasi gempa yang terdiri atas data *latitude*, data *longitude* dan data kedalaman bawah permukaan serta data waktu *origin*. Lokasi hipocenter dan waktu *origin* ditentukan sesuai dengan titik dimana gempa dimulai (hipocenter). Hypo71 adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk merelokasi hipocenter gempa bumi dengan 3 jenis *file input* yaitu *file .INP* yang merupakan *file input* yang berisi data stasiun meliputi nama stasiun, letak stasiun dan model kecepatan bumi untuk pulau Sumatera, *file .PRT* yang merupakan *file output* dan *file .PUN* yang merupakan *punched file*. Dalam penggunaan perangkat lunak hypo71 dimasukan nilai tebakan awal berupa kedudukan hipocenter dan *origin time* dan pengaturan terhadap nilai-nilai pada *control card* untuk mengontrol jalannya pengolahan data atau iterasi yang akan dilakukan, setelah dilakukan *running* terhadap data masukkan maka akan diperoleh *output file* berupa nilai hipocenter hasil relokasi. Perangkat lunak hypo71 menggunakan metode Geiger dimana penentuan hipocenter menggunakan azas kuadrat terkecil. Pertama, lokasi hipocenter akan ditentukan berdasarkan tiga jarak episentral dari stasiun pengamat. Jarak episentral diperoleh dengan membaca waktu tiba gelombang-P dan gelombang-S kemudian membandingkan dengan kurva waktu tempuh gelombang-P dan gelombang-S, sehingga didapatkan jarak episentral dari jarak beberapa stasiun dibuat lingkaran episentral yang selanjutnya kurva tersebut akan berpotongan pada sebuah daerah yang merupakan

daerah terduga episenter. Untuk penghalusan kembali, dilakukan pembacaan waktu tiba gelombang P dan gelombang-S, selanjutnya dimasukkan sebagai data *input* perangkat lunak Hypo71. Setelah perhitungan akan diperoleh kedudukan hiposenter, *origin time* dan kedalaman.

Untuk memperoleh *residual* pada metode Geiger secara matematis dapat dirumuskan:

$$r_e = t - t_0 - t^{cal} \quad (2.5)$$

Keterangan:

r_e : residual pada indeks stasiun pengamatan

t : waktu tiba gelombang

t_0 : waktu asal (*origin time*)

t^{cal} : waktu tempuh gelombang

$t - t_0$: t^{obs}

Waktu tempuh gelombang secara perhitungan (t^{cal}) ditentukan berdasarkan waktu tempuh gelombang dari sumber ke penerima di dalam model kecepatan ditambah waktu terjadinya gempa (t_0). Waktu tempuh gelombang seismik (x_0, y_0, z_0, t_0) dapat diketahui ketika sebuah gempa terjadi pada posisi (x_0, y_0, z_0) pada waktu t_0 di setiap stasiun pengamatan gempa e (x_e, y_e, z_e) akan diperoleh data waktu tiba gelombang gempa pada waktu t_i . Jika waktu tiba gelombang pada stasiun sama dengan jumlah dari waktu tempuh dan waktu asal, selanjutnya diperoleh residual yang bernilai nol, hal ini dapat memberikan arti bahwa perkiraan posisi lokasi asal gempa bernilai benar. Persamaan kuadrat terkecil dari *residual* yang dihasilkan yaitu:

$$F(x) = \sum_{e=1}^M r_e^2 \quad (2.6)$$

Keterangan:

M : jumlah stasiun pengamat gempa/secara umum waktu tiba yang di ukur

x : parameter hiposenter yang diketahui (x_0, y_0, z_0, t_0)

Persamaan (2.6) merupakan persamaan non linier, hal ini dikarenakan faktor kesalahan pembacaan waktu tiba gelombang dimana struktur bawah permukaan yang sangat kompleks memberikan kesulitan dalam penentuan model

kecepatan yang sama dengan keadaan yang sebenarnya sehingga persamaan (2.6) dapat disederhanakan dengan mengasumsikan bahwa model kecepatan telah mendekati keadaan yang sebenarnya dan pembacaan waktu tiba gelombang sudah cukup tepat.

Linierisasi persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$r_e = \frac{\partial \tau_e}{\partial x_0} dx + \frac{\partial \tau_e}{\partial y_0} dy + \frac{\partial \tau_e}{\partial z_0} dz + dt \quad (2.7)$$

Keterangan:

- t : waktu asal gelombang
T : waktu tempuh gelombang
e : indeks stasiun pengamatan gempa
r : *residual*

x_0, y_0, z_0, t_0 : dugaan lokasi hiposenter gempa dan *origin time* dalam vektor

Sebuah matriks persamaan *residual* waktu tempuh diperoleh dari penyusunan semua stasiun yang dapat dituliskan secara matematis berikut:

$$J\Delta m = \Delta d \quad (2.8)$$

Keterangan:

- J : matriks Jacobian
 Δm : hiposenter yang ingin dicari
 Δd : parameter data yang diperoleh dari pengamatan

Matriks Jacobian berisi data *partial derivative residual* waktu tempuh setiap stasiun pengamat gempa terhadap hiposenter awal (x_0, y_0, z_0, t_0) dan banyaknya waktu tempuh gelombang P dan S berukuran $n \times 4$ dengan n adalah jumlah stasiun pengamat gempa dan 4 adalah jumlah representasi parameter hiposenter dan *origin time*. Pada model matriks Δm yang ingin dicari berisi data posisi hiposenter (x, y, z, t) dan data waktu terjadi gempa (t_0) yang berukuran 4×1 dan untuk parameter data yang diperoleh dari pengamatan Δd berisi data *residual* waktu tiba gelombang gempa di stasiun pengamat gempa (t_{obs}) dengan ukuran $n \times 1$. Hiposenter yang ingin dicari diperoleh dengan cara mengubah matriks menjadi matriks *inverse* dengan melakukan perkalian *inverse* matriks Jacobian, secara matematis dapat dituliskan:

$$[J]^T [J] \Delta m = [J]^T \Delta d \quad (2.9)$$

$$[J^T J]^{-1} J^T \Delta m = [J^T J]^{-1} J^T \Delta d \quad (2.10)$$

$$\Delta m = [J^T J]^{-1} J^T \Delta d \quad (2.11)$$

Elemen penyusun matriks yaitu:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{dT_1}{dx} & \frac{dT_1}{dy} & \frac{dT_1}{dz} & \frac{dT_1}{dt} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{dT_M}{dx} & \frac{dT_M}{dy} & \frac{dT_M}{dz} & \frac{dT_M}{dt} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

$$\Delta m = \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ dt \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

$$\Delta d = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \dots \\ r_M \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

$$x_0 + dx = x \quad (2.15)$$

$$y_0 + dy = y \quad (2.16)$$

$$z_0 + dz = z \quad (2.17)$$

$$t_0 + dt = t \quad (2.18)$$

dengan:

x_0, y_0, z_0 : lokasi hiposenter dugaan

dx, dy, dz, dt : selisih hiposenter dugaan dengan hasil kalkulasi

x, y, z : lokasi hiposenter setelah dikoreksi

t_0 : waktu asal dugaan

t : waktu asal setelah dikoreksi

Jumlah baris pada persamaan matriks menunjukkan jumlah stasiun pengamat dan banyaknya waktu tempuh fase gelombang. Persamaan tersebut digunakan untuk mengkalkulasi waktu tempuh gelombang dan waktu asal dengan cara menghitung jarak antara lokasi stasiun dengan perkiraan lokasi hiposenter yang dikombinasikan dengan model kecepatan yang telah dulu ditentukan. Selisih waktu tempuh hasil kalkulasi t_{cal} dan t_{obs} menghasilkan nilai residual yang sebanding dengan jarak dan waktu (dx, dy, dz, dt). Dengan melakukan iterasi maka perbaikan posisi hiposenter dengan *residual* yang menedekati nol.

Pada penentuan hiposenter menggunakan perangkat lunak hypo71 digunakan model referensi kecepatan bumi pulau Sumatera berikut:

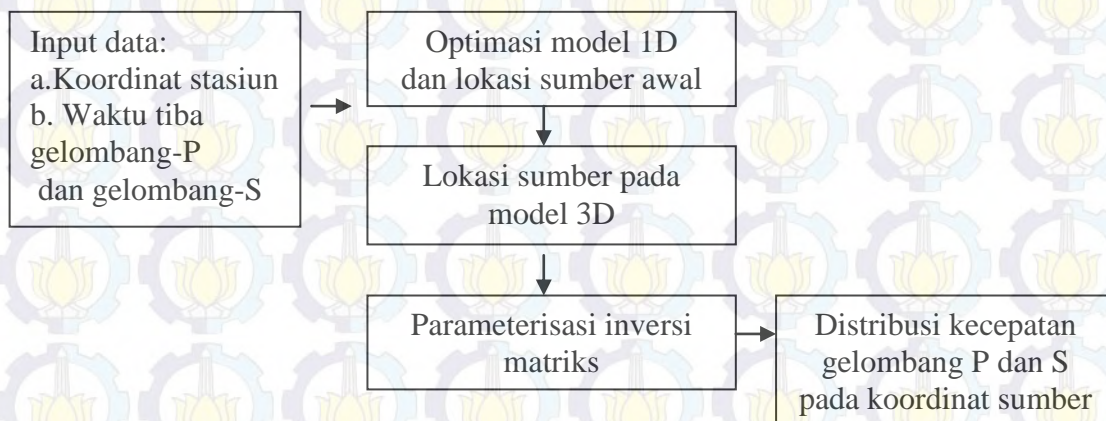
Tabel 2.1 Model Referensi Struktur Kecepatan Bumi Wilayah Sumatera

Kedalaman(km)	Vp(km/s)	Vs(km/s)
0	2.31	1.3
1	4.27	2.4
2	5.52	3.1
5	6.23	3.5
16	6.41	3.6
33	6.70	4.4
40	7.80	4.46
100	8.00	4.57
225	8.40	4.80

Sumber: Madlazim dan Santosa, 2010

2.7 Seismik Tomografi dengan LOTOS-12

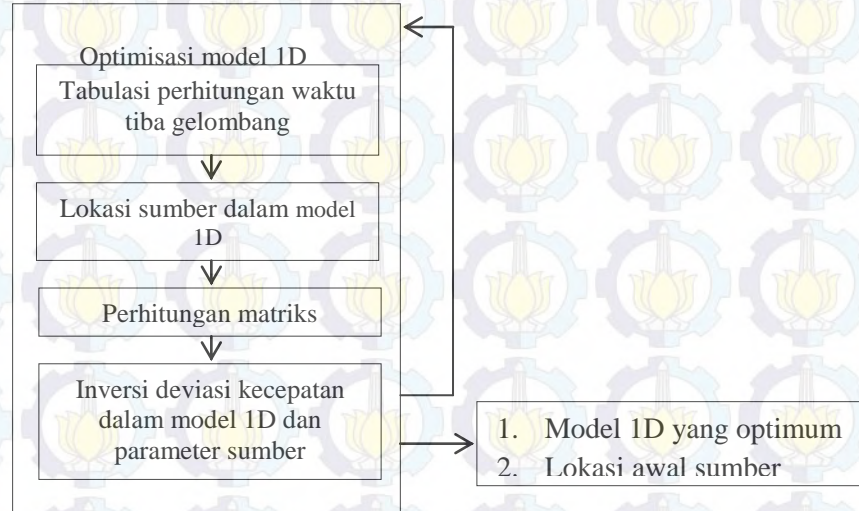
Dalam seismik tomografi, LOTOS (*Local Tomography Software*) merupakan salah satu perangkat lunak untuk interpretasi tomografi di suatu daerah yang selanjutnya diperoleh inversi simultan struktur Vp dan Vs serta koordinat sumber. Perangkat lunak LOTOS dengan versi 12 dapat digunakan pada sistem operasi berbasis *Windows* memiliki kelebihan dari versi sebelumnya antara lain dapat melakukan inversi pada Vp-Vp/Vs, struktur *file* dan program yang lebih sederhana, adanya lokasi sumber awal dan hasil yang diperoleh pada bidang horisontal dapat ditampilkan dengan basis PNG *bitmap* (Koulakov, 2009). Secara umum pada Gambar 2.6 menunjukkan skema kerja pada tomografi seismik menggunakan LOTOS (*Local Tomography Software*).



Gambar 2.6 Skema kerja menggunakan LOTOS (Kaulakov, 2009)

Secara umum, algoritma LOTOS-12 terdiri dari beberapa langkah yaitu:

1. Optimisasi Simultan untuk Model Kecepatan 1D Terbaik dan Lokasi Awal Sumber atau Penentuan Model Awal (Kedudukan Hiposenter dan Model Kecepatan Referensi).



Gambar 2.7 Langkah utama optimisasi kecepatan 1D dan lokasi sumber

Secara rinci tahapan diatas dapat dijelaskan:

- a. Pemilihan data untuk optimasi. Data yang diperoleh dari katalog gempa dipilih beberapa *event* yang terdistribusi sesuai kedalaman yang berbeda.
- b. Kalkulasi *travel time table* pada model 1D. Model ditetapkan secara manual berdasarkan informasi data pada tahap iterasi pertama.
- c. Lokasi sumber dalam model 1D. Waktu tempuh dari gelombang akan dikomputasikan dengan informasi data yang diperoleh pada tahap b. Residual waktu tempuh gelombang di setiap stasiun dihitung menggunakan persamaan:

$$e = d_{obs} - d_{cal} \quad (2.19)$$

Selanjutnya dihitung residual untuk semua stasiun dan semua kejadian gempa seperti persamaan berikut:

$$E = \sum e^2 \quad (2.20)$$

Penentuan *Goal function* maximum dimulai dari lokasi dari katalog gempa yang merefleksikan kemungkinan posisi sumber. GF yang digunakan pada algoritma LOTOS dapat dituliskan sebagai berikut:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N A(\Delta t_1) B(\Delta d_1) C}{\sum_{i=1}^N B(\Delta d_1) C} \quad (2.21)$$

Dimana A adalah refleksi nilai *residual*:

$$A(\Delta t_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } |\Delta t_i| / C_{PS} < \tau_1 \\ (\Delta t_i - \tau_2) / (\tau_1 - \tau_2), & \text{if } \tau_1 < |\Delta t_i| / C_{PS} < \tau_2 \\ 0, & \text{if } |\Delta t_i| / C_{PS} > \tau_2 \end{cases} \quad (2.22)$$

Dengan N adalah jumlah total rekaman *event* dan τ_1 dan τ_2 adalah limit untuk nilai residual. Jika *residual* kurang dari τ_1 GF menjadi 1, nilai τ_1 dan τ_2 ditentukan dari nilai prediksi dari anomali kecepatan.

B adalah jarak yang bergantung pada:

$$B = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_i < d_{min} \\ (d_{min}/d_i)^m, & \text{jika } d_i > d_{min} \end{cases} \quad (2.23)$$

C adalah fase pembobotan. Untuk fase P bobotnya adalah 1, jika fase S lebih kecil dari P ($W_s=1/P$). Namun untuk gelombang dengan dua fase yaitu fase P dan fase S digunakan persamaan *residual* berikut:

$$\Delta t_i = (t_{obs}^s - t_{ref}^s) - (t_{obs}^p - t_{ref}^s) \quad (2.24)$$

Waktu residual dikalkulasi untuk prosedur komputasi lokasi yaitu:

$$\Delta t_i = (t_{obs}^p - t_{ref}^p) - \Delta t_0 \quad (2.25)$$

Koreksi *origin time* Δt_0 ditentukan dari kondisi:

$$\sum_{i=1}^{N_e} B(d_i) (t_{obs}^p - t_{ref}^p) - \Delta t_0 = 0 \quad (2.26)$$

dengan t_{obs}^p adalah *travel time* observasi, t_{ref}^p adalah *travel time* referensi.

Masing-masing data observasi harus memenuhi:

$$|t_{obs}^p - t_{ref}^p - \Delta t_0| < \tau_2 \quad (2.27)$$

d. Perhitungan *derivative matrix* pertama sepanjang *rays*. Setiap elemen matriks $J_{ij} = \partial t_i / \partial v_j$ sebanding dengan deviasi waktu sepanjang j-th *rays* yang disebabkan oleh variasi kecepatan pada level kedalaman i-th. Level kedalaman ini ditentukan seragam dan kecepatannya didekati sebagai parameter linier.

$$\text{Bentuk notasi matriks } [J].[\Delta m] = [\Delta d] \quad (2.28)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{dT_1}{dx} & \frac{dT_1}{dy} & \frac{dT_1}{dz} & \frac{dT_1}{dt} & \frac{dT_1}{dv} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{dT_M}{dx} & \frac{dT_M}{dy} & \frac{dT_M}{dz} & \frac{dT_M}{dt} & \frac{dT_M}{dv} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \dots \\ r_M \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

$$\frac{dT_1}{dx} = \frac{-(x_i - x_0)}{v^2(t_i - t_0)}, \quad \frac{dT_1}{dy} = \frac{-(y_i - y_0)}{v^2(t_i - t_0)}, \quad \frac{dT_1}{dz} = \frac{-(z_i - z_0)}{v^2(t_i - t_0)}, \quad \frac{dT_1}{dt} = 1, \quad (2.30)$$

Untuk menghitung turunan parsial $\frac{dt}{dv}$ pada tomografi menggunakan perhitungan waktu tempuh pada program *ray tracing* di sepanjang lintasan sinar yang melewati blok. Dalam hal ini indeks i merupakan blok ke-i dan j adalah sinar seismik ke-j. Pada persamaan tersebut terdapat matriks Kernel [J] yang berisi *partial derivative residual* waktu tempuh setiap stasiun terhadap parameter hiposenter yaitu (x_0, y_0, z_0, t_0) berukuran $n \times 4$ dengan n adalah jumlah stasiun dan banyaknya waktu tempuh gelombang (P dan S) dan 4 adalah nilai jumlah representasi parameter hiposenter ditambah model kecepatan pada setiap lapisan bawah permukaan, matriks Kernel atau matriks Jacobian digunakan untuk menghitung perubahan *travel time* kalkulasi akibat perturbasi pada elemen model, matriks data $[\Delta d]$ yang berisi data pengamatan yang diperoleh dari *residual* waktu tiba gelombang di stasiun pengamat (t_{obs}) ukuran $n \times 1$, dan matriks $[\Delta m]$ yang ingin dicari berisi data posisi hiposenter (x, y, z, t) dan data waktu terjadi gempa (t_0) serta kecepatan gelombang P dan S.

e. Inversi matriks dilakukan secara berkelanjutan pada data P dan S dengan menggunakan matriks yang dihasilkan pada tahap d. Pada parameter kecepatan, matriks mengandung beberapa elemen untuk mengoreksi parameter sumber $(dx, dy, dz \text{ dan } dt)$. Permasalahan di inversi tomografi yang menggunakan pendekatan linier yaitu cara mendapatkan solusi persamaan linier dalam bentuk matriks:

$$[J] \cdot [\Delta m] = [\Delta d] \quad (2.31)$$

Pada proses inversi tomografi jumlah sinar seismik lebih banyak dari pada jumlah blok sehingga menjadi *over-determined* dan matriks [A] tidak bujursangkar, dalam program inversi, matriks hanya berlaku untuk matriks bujursangkar, untuk itu matriks [A] dibuat menjadi matriks bujursangkar dengan cara mengalikan dengan matriks transposnya berikut:

$$[J^T J][\Delta m] = [J^T \Delta d] \quad (2.32)$$

Persamaan tersebut berlaku pada persoalan *least square linier*. Pada umumnya dalam proses seismik tomografi, sinar seismik tidak semuanya dapat melintasi semua blok sehingga matriks $[J]$ banyak mempunyai elemen nol, kondisi ini dikenal dengan istilah *under-determined* sehingga tidak semua elemen vektor $[\Delta m]$ dapat diperoleh.

$$\Delta m = [J^T J]^{-1} J^T \Delta d \quad (2.33)$$

$$[J^T J]^{-1} J^T = J^{-g} \quad (2.34)$$

J^{-g} merupakan *generalized inverse*

$$J^{-g} = V \Lambda^{-1} U^T \quad (2.35)$$

V merupakan eigen vektor dan Λ^{-1} merupakan nilai eigen.

$$U^T = \begin{bmatrix} u_1^1 & u_1^2 & u_1^n \\ u_2^1 & u_2^2 & u_2^n \\ u_n^1 & u_n^2 & u_n^n \end{bmatrix} \quad (2.36)$$

$$\Lambda^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/\lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/\lambda_n \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

Pada $1/\lambda_n$, nilai λ terlalu kecil sehingga $1/\lambda_n$ bernilai besar sehingga mengganggu, selanjutnya akan digunakan gradien damping untuk membiaskan solusi hasil inversi ke suatu model yang lebih halus. Cara kerja damping ini yaitu dengan menggunakan *roughening matrix* yang diambil dari selisih harga deviasi *slowness* dari suatu blok dengan blok-blok disekitarnya.

Proses lanjutannya yaitu dengan melakukan minimisasi *norm*:

$$[x - (A^T A)^{-1} (A^T b)] \quad (2.38)$$

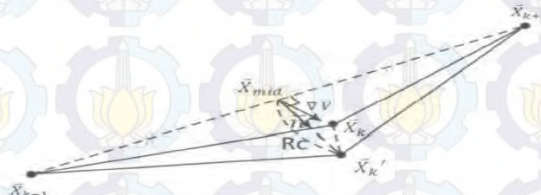
Pada persoalan LSQR penggunaan $[J^T J]$ yang menghabiskan banyak waktu komputasi dapat dihindarkan (Widiyantoro, 2007). Matriks $[J^T J]$ mendekati *singular* sehingga perkiraan solusi dalam LSQR menggunakan *gradient damping* yang dapat membiaskan solusi hasil inversi ke dalam suatu model yang *smooth*. Selanjutnya dilakukan pengulangan langkah a-d hingga diperoleh nilai RMS terkecil pada hasil iterasi. Ketika nilai residual pada model kecepatan yang baru telah mendekati dengan model awal atau dengan kata lain nilai $E > E_i$, maka iterasi dihentikan dan model kecepatan ini dianggap telah memenuhi dan *fit* dengan data.

2. Algoritma *Bending* untuk *Ray Tracing* pada Model Kecepatan 3D

Ray tracing merupakan peruntutan lintasan sinar (*ray path*) antara sumber gempa dan stasiun pengamat. Algoritma *bending* untuk *ray tracing* pada *software* LOTOS menggunakan prinsip Fermat yang dapat dilakukan dengan waktu komputasi untuk menghitung waktu tempuh dan lintasan sinar gelombang relatif cepat. Metode *bending* tidak secara langsung dapat memecahkan persamaan sinar gelombang akan tetapi metode tersebut menggunakan proses minimisasi waktu tempuh secara langsung dengan cara memberikan gangguan kecil secara bertahap di lintasan sinar gelombang (Um dan Thurber, 1987). Waktu tempuh di sepanjang lintasan sinar antara *source* (i) dan *receiver* (j) dalam bentuk integral garis seperti berikut:

$$\int_i^j \frac{1}{v} dl \quad (2.39)$$

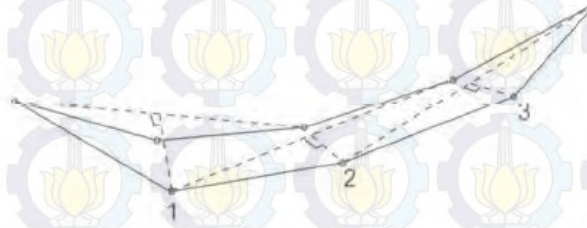
Dengan v adalah kecepatan penjalaran gelombang dan dl adalah segmen lintasan sinar. Lintasan sinar ditinjau dalam ruang tiga dimensi dimana vektor posisi dinyatakan dalam koordinat *Cartesian* seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 2.8 Ilustrasi dari skema tiga titik perturbasi (Um dan Thurber, 1987)

Selanjutnya *bending* dan perhitungan waktu tempuh dilakukan, kemudian lintasan satu dengan lintasan lain dibandingkan agar perbedaan waktu tempuh cukup kecil. Dalam proses perhitungan, lintasan sinar dapat didiskritasi dengan menggunakan banyak titik (jumlah titik *bending*) pada X_1, X_2, \dots, X_n seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Setelah melewati fase relokasi posisi X_{k-1} dan X_{k+1} diperoleh titik lintasan yang baru yaitu X_k . Pada proses *ray tracing* diawali dari sinar gelombang antara titik X_{k-1} dan X_{k+1} merupakan lintasan garis lurus. Kemudian titik X_k (pada perturbasi pertama $X_k = X_{mid}$) ditekuk ke arah n sejauh R_c . Selanjutnya skema pada tiga titik perturbasi diaplikasikan pada

sepanjang lintasan sinar gelombang yang belum mencapai waktu tempuh minimum. Hasil pada perturbasi pertama dijadikan model awal dan untuk perturbasi selanjutnya $X_k \neq X_{mid}$, arah tekuk n yang sejauh R_c dilakukan perhitungan kembali. Proses perturbasi diulang hingga mencapai nilai konvergensi dan waktu tempuh minimum.



Gambar 2.9 Skema urutan perturbasi pada *ray tracing* (Um dan Thurber, 1987)

Diagram alir pada pemrograman *ray tracing* metode *pseudo bending* yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.10 Diagram alir *ray tracing pseudo bending* (Um dan Thurber, 1987)

Dalam perangkat lunak LOTOS versi 12 menunjukkan modifikasi algoritma *bending*. Sebuah fitur penting dari diperlukan untuk menentukan nilai kecepatan positif pada setiap titik daerah penelitian yang dapat dilakukan dengan *node* atau sel, dengan poligon atau hukum analitis. Pada versi 12 LOTOS saat ini telah mencakup banyak berbagai pilihan untuk definisi kecepatan.

3. Iterasi Inversi Tomografi

Pada tomografi seismik dengan menggunakan LOTOS-12 terdapat beberapa tahapan inversi untuk mendapatkan tampilan kondisi bawah permukaan yang diperoleh dari data seismik yang ada yakni antara lain:

a. Penentuan lokasi sumber dalam kecepatan 3D

Pada model kecepatan awal 1D dan inisial lokasi sumber gempa diperoleh dari tahap optimasi model 1D selanjutnya dilakukan relokasi sumber menggunakan *ray tracing* 3D (*bending*) untuk mendapatkan lokasi sumber dalam model 3D.

b. Parameterisasi titik gempa

Parameterisasi titik gempa dilakukan menggunakan banyak titik gempa dengan melakukan pendekatan algoritma yang dipasang di garis vertikal yang didistribusikan secara *regular* di penampang peta. Dalam setiap garis vertikal, titik dipasang sesuai persebaran jalur perambatan gelombang dengan spasi yang dipasang lebih rapat di area yang memiliki densitas jalur perambatan yang tinggi serta persebaran kecepatan yang didekatkan secara linier.

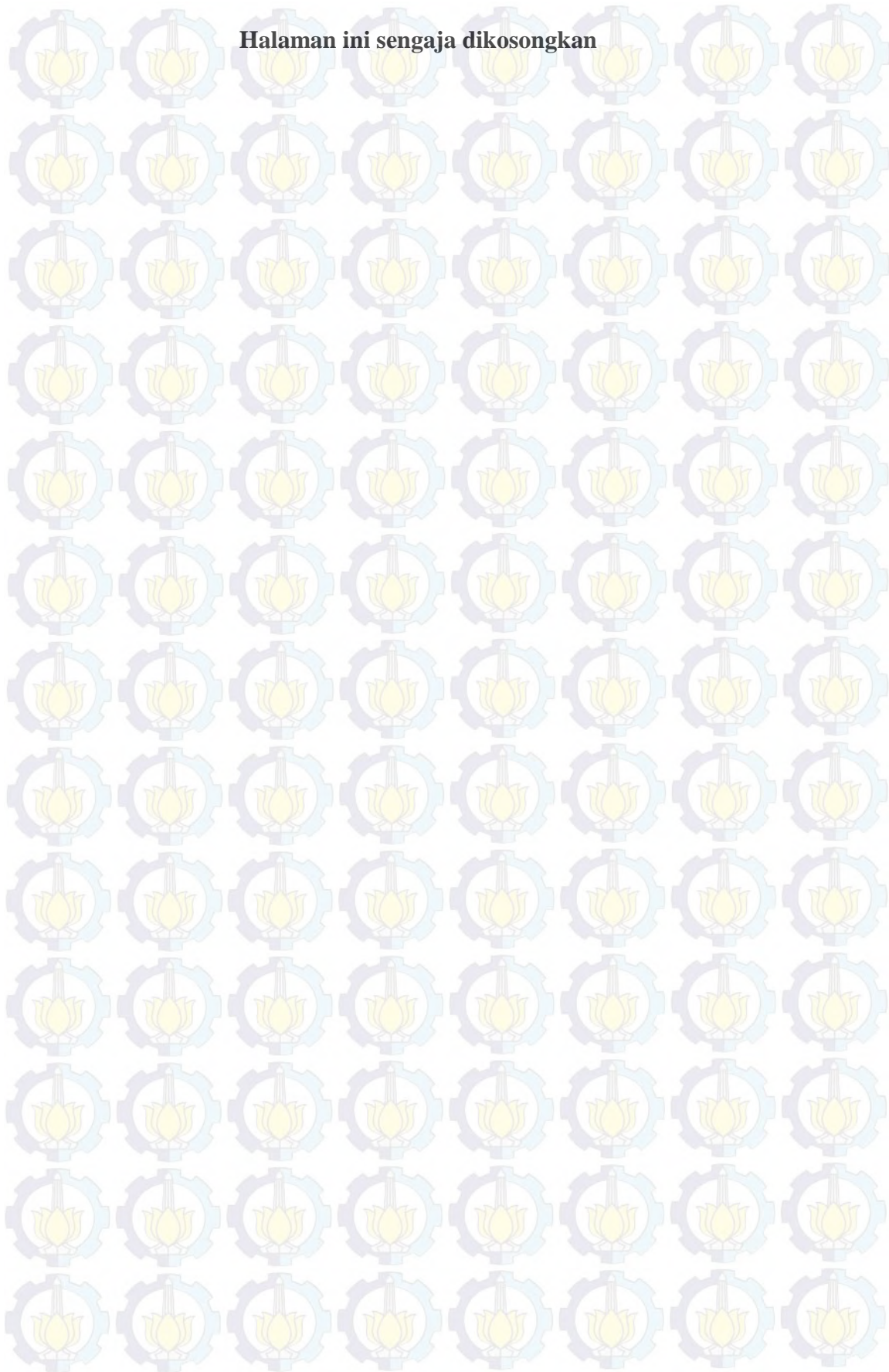
c. Perhitungan matriks dan inversi V_p - V_s

Turunan pertama matriks dihitung dengan *ray paths computed* setelah lokasi sumber gempa dalam model 3D. Masing-masing elemen matriks, $J_{ij} = dt_i/dv_j$ adalah sebanding dengan selisih waktu sepanjang lintasan sinar ke- i . Inversi sepanjang matriks J dilakukan dengan menggunakan iterasi kode LSQR. Dengan penambahan parameter V_p dan V_s , matriks tersebut mengandung beberapa elemen yang berkaitan dengan sumber gempa (dx , dy , dz dan dt) dan koreksi stasiun.

d. Siklus iterasi

Iterasi dilakukan berulang sesuai tahapan yang telah didapatkan sesuai dengan lokasi gempa penelitian, kalkulasi matriks dan inversi.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 3

METODA PENELITIAN

3.1 Area Penelitian

Area penelitian pada penelitian ini yaitu gempa-gempa di pulau Sumatera yang telah terekam oleh stasiun pengamat gempa bumi dari data sekunder www.webDC.eu dalam rentang waktu satu tahun yaitu pada 10 Maret 2013 sampai 10 Maret 2014. Peta area penelitian dapat ditunjukkan seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Peta area penelitian pulau Sumatera (www.google.co.id/map. 2014)

3.2 Data Penelitian

Pada penelitian ini, data katalog gempa yang digunakan berasal dari data sekunder gempa bumi yang diperoleh dari katalog gempa www.webDC.eu. dengan format *fseed. Data gempa tersebut merupakan data gempa bumi dengan arah 3 komponen kartesian (BHN, BHE, BHZ). Data gempa bumi yang digunakan sebanyak 71 *event* dengan jumlah stasiun bervariasi sekitar 35 stasiun, sehingga jumlah gelombang yang dianalisis sebanyak 2.485 gelombang seismik yang

selanjutnya akan digunakan untuk melakukan proses inversi tomografi dengan menggunakan LOTOS-12 (*Local Tomography Software*).

3.3 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini berupa perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data seperti openssl-0.9.8k_win64 yang digunakan untuk meng-*encrypt* data dari katalog gempa WebDC, Jrdseed yang digunakan untuk mengubah format *seed menjadi banyak file *SAC, Taup untuk mengestimasi waktu tiba gelombang P dan S, seisgram2k60 untuk melakukan *picking* waktu tiba gelombang-P dan *picking* waktu tiba gelombang-S, hypo71 untuk merelokasi hiposenter gempa bumi dengan 3 jenis *file input* yaitu *file* .INP yang merupakan *file input* yang berisi data stasiun meliputi nama stasiun, letak stasiun dan model kecepatan bumi untuk pulau Sumatera, *file* .PRT yang merupakan *file output* dan *file* .PUN yang merupakan *punched file*. Dalam penggunaan perangkat lunak hypo71 dimasukan nilai tebakan awal (hiposenter dan *origin time* dan pengaturan terhadap nilai-nilai pada *control card* untuk mengontrol jalannya pengolahan data atau iterasi yang akan dilakukan. Setelah dilakukan *running* terhadap data masukan maka akan diperoleh *output file* berupa nilai hiposenter hasil relokasi, arcviewgis untuk menggambarkan posisi hiposenter sebelum dan setelah relokasi, GMT untuk menggambarkan hasil relokasi gempa dalam 3 D dan LOTOS-12 untuk proses inversi tomografi.

3.4 Tahap Pengolahan Data

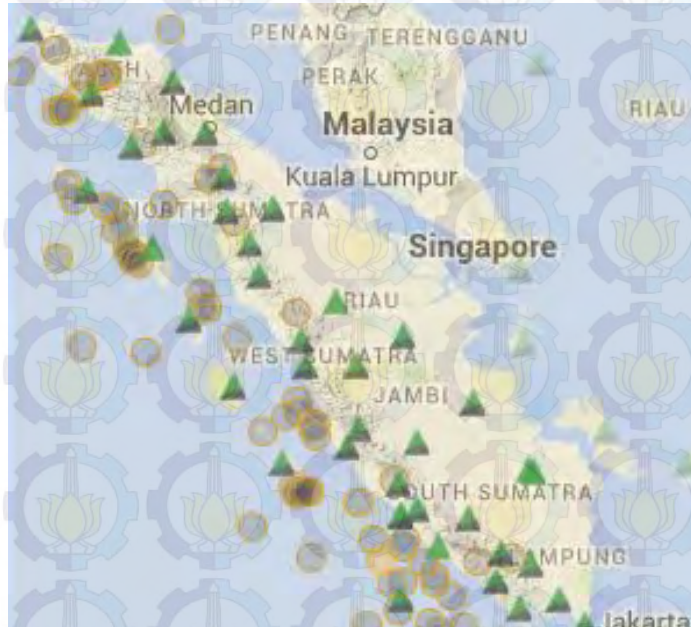
Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

3.4.1 Kajian Literatur

Kajian literatur yang digunakan untuk menunjang informasi penelitian yang lebih akurat diperoleh dari berbagai sumber mengenai daerah penelitian yang akan digunakan sebagai objek penelitian, metode literatur yang digunakan serta parameter-parameter fisis agar hasil penelitian dapat sesuai dengan literatur yang telah ada.

3.4.2 Perekaman Data

Pada tahap perekaman data, dilakukan perekaman data *event* gempa di pulau Sumatera menggunakan *geophone* yang telah dipasang di beberapa titik tertentu oleh stasiun pengamat gempa.



Gambar 3.2 Peta Sumatera dan stasiun perekam gempa (www.webDC.eu. 2014)

3.4.3 Seleksi data rekaman

Pada tahap seleksi data rekaman, data *event* gempa yang terjadi pada tanggal 10 Maret 2013 sampai 10 Maret 2014 yang telah terekam tidak semuanya digunakan pada penelitian. Data yang digunakan pada penelitian adalah data gempa dengan *magnitude* gempa diatas 4,7 SR dikarenakan gempa dengan *magnitude* tersebut dapat direkam oleh banyak stasiun.

3.4.4 *Picking* waktu tiba gelombang-P dan waktu tiba gelombang-S

Pada tahap *picking* gelombang-P dan gelombang-S digunakan perangkat lunak Seisgram2K60 untuk mendapatkan waktu tiba gelombang-P pada komponen vertikal (BHZ), gelombang-S pada komponen horizontal *northing* (BHN) atau *easting* (BHE).

3.5 Tahap Inversi Tomografi

Tahap inversi tomografi adalah tahap pengolahan data yang telah disiapkan untuk kemudian ditampilkan menjadi sebuah penampang bawah permukaan pulau Sumatera menggunakan perangkat lunak LOTOS-12. Langkah-langkah pada tahapan tersebut adalah:

3.5.1 Pembentukan struktur input data

Data yang digunakan pada proses pengolahan input data pada perangkat lunak LOTOS-12 antara lain file *inidata* yang di dalamnya terdapat identitas file *rays* dan *stat_ft*. Pada file *rays* berisi hiposenter *event* beserta waktu tempuh gelombang-P dan waktu tempuh gelombang-S dari setiap stasiun perekam. Semua identitas tersebut termuat dalam satu *file* agar dapat diolah secara simultan oleh *software* LOTOS 12. Pada file *stat_ft* berisi identitas stasiun berupa latitude, longitude dan data kedalaman.

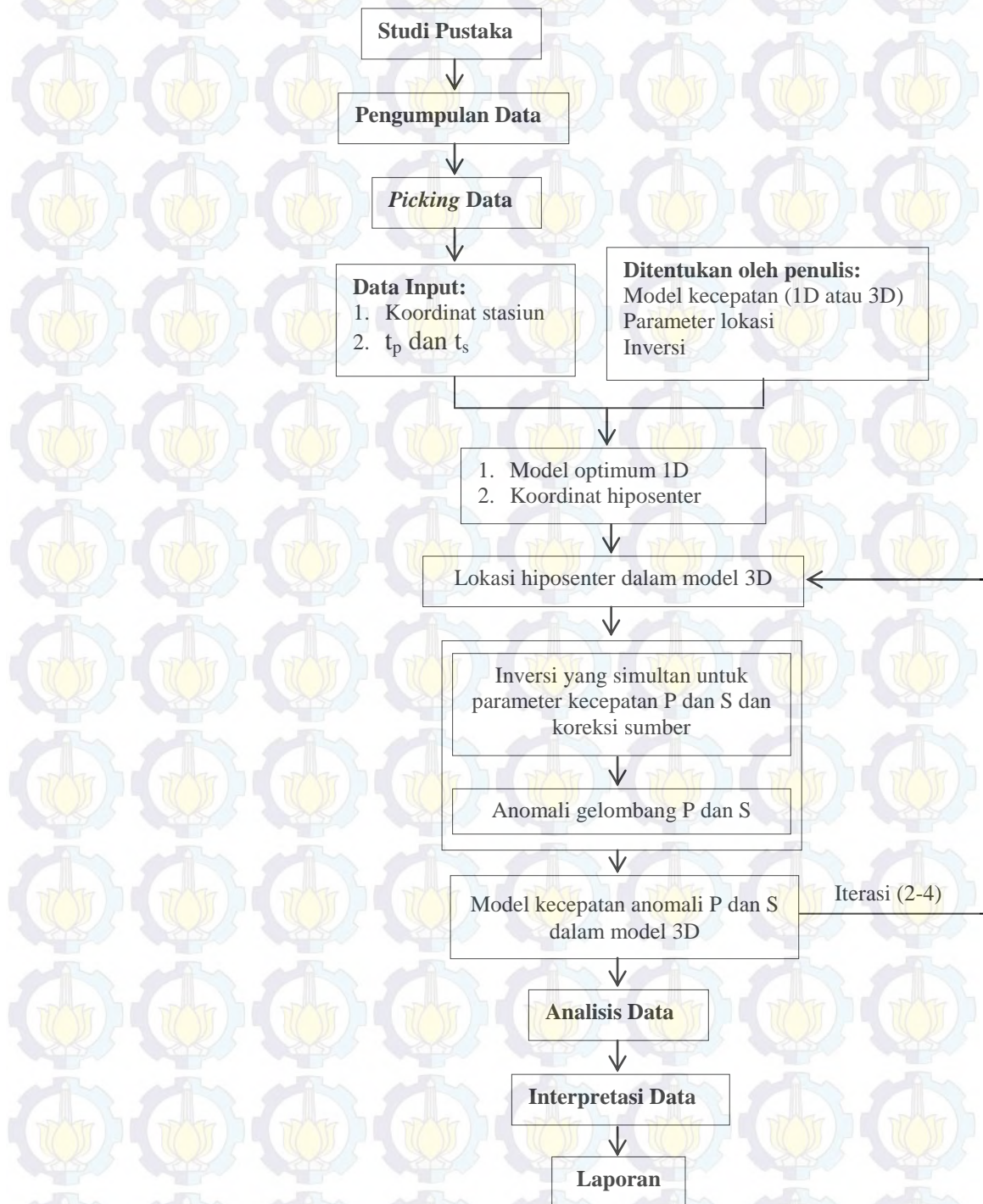
3.5.2 Parameterisasi inversi menggunakan LOTOS-12

Pada tahap penentuan parameter berupa model kecepatan, parameter lokasi dan inversi dilakukan oleh penulis berupa *major_param.dat* dan *ref_start.dat*.

3.5.3 Pengaturan iterasi dan *output display*

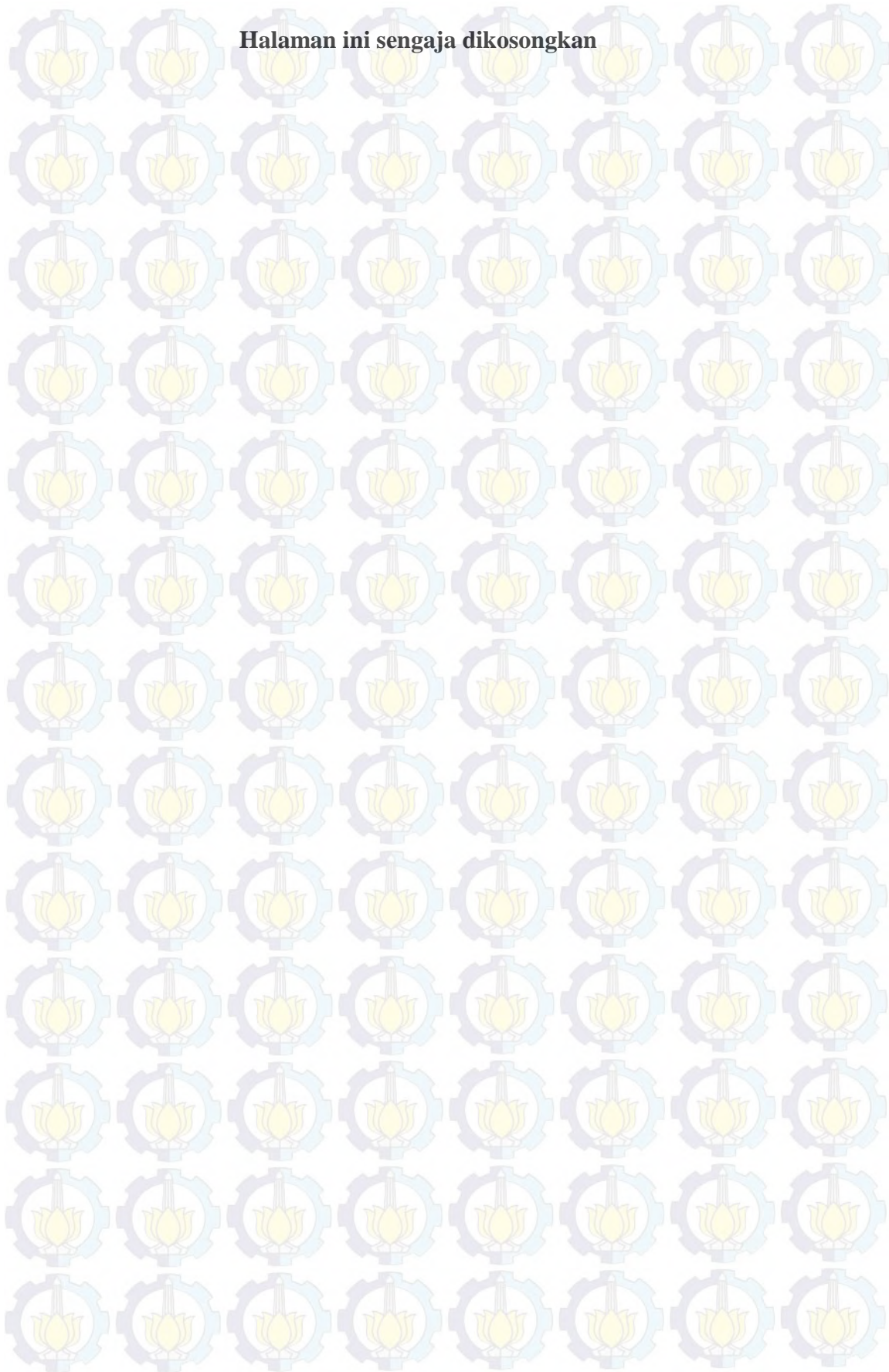
Pada tahap pengaturan iterasi, penulis melakukan pengaturan terhadap jumlah iterasi dan *output display* berupa *setver.dat*, *sethor.dat*, *config.dat* dan *all_areas.dat*.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



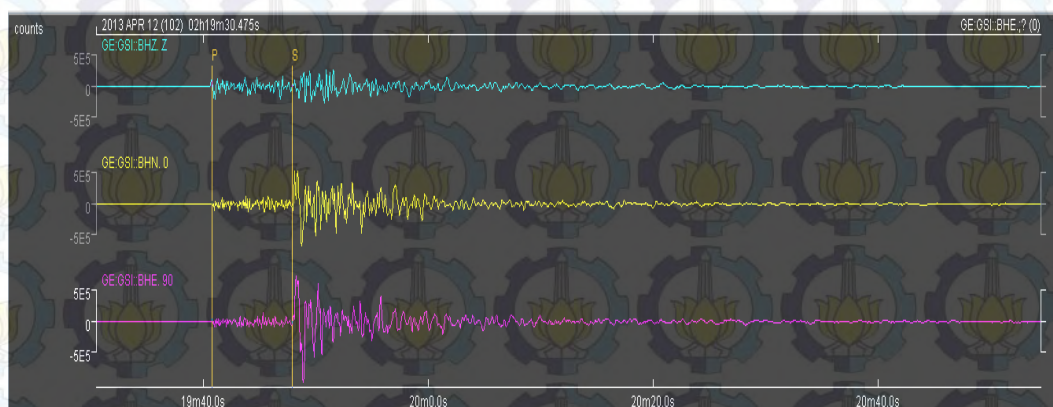
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perekaman dan Pra *Processing* Data

Penelitian ini menggunakan data gempa selama periode 1 tahun sebanyak 71 *event* gempa dari katalog gempa WebDC dalam format *fseed.openssl. Selanjutnya digunakan *software* Win64openSSL1.0.1 untuk meng-*encrypt* data dari katalog gempa WebDC. Perangkat lunak JrdseedVer0.10.1 digunakan untuk mengubah format data gempa dalam format *seed menjadi banyak *file* *SAC. Program JrdseedVer0.10.1 dibuka pada terminal dan menuliskan perintah `java -jar JrdseedVer0.10.1.jar`, maka akan muncul pilihan untuk menuliskan nama *file* yang akan diekstrak, kemudian dengan melakukan *enter* sampai keluar pilihan *option* untuk perintah ekstrak, yaitu dengan mengetikkan “d” kemudian *enter*, hingga data terekstrak semuanya. Hasil dari proses ekstrak data menghasilkan nama-nama data baru yang cukup panjang meliputi *event* gempa, misalnya “2014.003.08.19.58.4120.IA.DSRI.BHZ.D” yang merupakan identitas tahun, *Julian-day* (hari ke- dalam setahun), jam, menit, detik, stasiun jaringan, nama stasiun jaringan dan komponen kanal. Data *SAC ini kemudian dibaca dengan menggunakan perangkat lunak Seisgram2KV6.0.0x02.

Proses *picking* manual gelombang-P dan gelombang-S menggunakan *software* Seisgram2KV6.0.0x02 (BETA) berdasarkan bentuk gelombang seperti tampilan berikut:



Gambar 4.1 Analisis gelombang gempa menggunakan Seisgram2KV6.0.0x02

dimana penentuan waktu tiba gelombang-P cukup mudah, namun penentuan waktu tiba gelombang-S tidak mudah, untuk itu digunakan bantuan dari program TAUP untuk mengestimasi awal waktu tiba gelombang-S.

Data rekaman diperoleh dari 35 stasiun pengamat gempa bumi yang tersebar di Sumatera dengan posisi stasiun seperti berikut:

Tabel 4.1 Identitas Stasiun Perekaman Gempa Bumi di Sumatera

No	Kode	Letak Stasiun	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
1	BKNI	Bangkinang, Riau	0.326416	101.03964
2	GSI	Gunung Sitoli, Nias Sumatera Utara	1.303600	097.57540
3	PMBI	Palembang, Sumatera Selatan	-2.902430	104.69925
4	BLSI	Bandar Lampung, Lampung	-5.367548	105.24521
5	DSRI	Dabo Singkep, Kepulauan Riau	-0.479300	104.57780
6	EGSI	Enggano, Bengkulu	-5.352410	102.27629
7	JMBI	Jambi	-1.676400	103.57600
8	KASI	Kota Agung, Lampung	-5.523610	104.49596
9	KCSI	Kutacane, Aceh Tenggara	3.522185	97.771575
10	KRJI	Kerinci, Jambi	-2.091199	101.46192
11	KSI	Kepahiyang, Bengkulu	-3.651700	102.59290
12	LASI	Langsa, Aceh	4.457251	97.970367
13	LHSI	Lahat, Sumatera Selatan	-3.826624	103.52333
14	LWLI	Liwa, Lampung Barat	-5.017472	104.05891
15	MASI	Muara Aman, Bengkulu	-3.141521	102.23960
16	MDSI	Muara Dua, Sumatera Selatan	-4.486037	104.17823
17	MKBI	Muko-Muko Bengkulu	-2.447400	101.23958
18	MLSI	Melaboh, Nanggroe Aceh Darussalam	4.266851	96.403984
19	MNSI	Mandailing Natal, Sumatera Utara	0.795498	99.579627
20	PBSI	Pulau Batu Sumatera Utara	-0.054700	98.280000
21	PDSI	Padang, Sumatera Barat	-0.911800	100.46170
22	PPSI	Pulau Pagai, Sumatera Barat	-2.776600	100.01000
23	PSI	Parapat, Sumatera Utara	2.695200	98.924000
24	RGRI	Renggat, Riau	-0.349100	102.33380
25	RPSI	Rantau Parapat, Sumatera Utara	2.072300	99.832500
26	SBSI	Sibolga, Sumatera Utara	1.398800	99.431000
27	SDSI	Sungai Dareh, Sumatera Barat	-0.932500	101.42800
28	SISI	Pulau Saibi, Sumatera Barat	-1.326500	99.089500
29	SLSI	Sarolangun, Jambi	-2.392400	102.59270
30	SNSI	Sinabang, NAD	2.408900	96.326700
31	TPRI	Tanjung Pinang, Kepulauan Riau	0.918400	104.52630
32	TPTI	Tapaktuan	3.261800	97.177400
33	TRSI	Tarutung Sumatera Utara	2.025600	98.959400
34	TSI	Tuntungan Sumatera Utara	3.501200	98.564500
35	UBSI	Unib Bengkulu	-3.761100	102.27140

Perekaman data yang direkam secara kontinyu untuk melihat adanya sinyal seismik dengan adanya gempa. Data parameter awal (waktu tempuh gelombang-P dan waktu gelombang-S) dapat digunakan sebagai input awal

penentuan gempa. Tiga komponen ditampilkan pada Gambar 4.1 dengan fase *pick* untuk gelombang-P dan gelombang-S.

Perangkat lunak Seisgram2KV6.0.0x02 (BETA) merupakan perangkat lunak yang dapat menampilkan gelombang gempa dengan bentuk sinyal tegangan listrik. Gelombang gempa tersebut digunakan pada proses *picking* (penentuan waktu tiba gelombang) gelombang-P dan *picking* gelombang-S. Dalam penentuan waktu tiba gelombang-P digunakan pengaturan bahwa gelombang-P ditentukan oleh komponen V yang ditandai dengan bagian gelombang gempa yang datang paling awal sedangkan untuk penentuan waktu tiba gelombang-S menggunakan aturan bahwa gelombang-S ditentukan oleh komponen N dan E, dimana gelombang-S adalah gelombang yang datang paling awal diantara kedua tampilan gelombang pada kedua komponen tersebut. Gelombang-S selalu datang setelah gelombang-P. Nilai waktu temuh gelombang-P dan gelombang-S kemudian disusun berdasarkan urutan tahun, bulan, hari, jam, menit, detik, mdetik.

4.2 Relokasi Gempa Menggunakan Hypo71

Setelah melewati proses *picking*/penentuan waktu tiba gelombang menggunakan perangkat lunak Seisgram2KV6.0.0x02 (BETA), diperoleh data waktu tiba baik gelombang-P maupun gelombang-S. Jumlah *event* setelah melewati proses *picking* menjadi 69 data gempa bumi sedangkan 2 data lainnya tidak dapat digunakan, hal ini dikarenakan kelurusan seisgram dari gempa yang telah terekam. Selanjutnya data ini digunakan sebagai *input* data pada perangkat lunak Hypo71 untuk mendapatkan relokasi posisi gempa bumi. Penentuan kembali lokasi hiposenter merupakan proses untuk melakukan koreksi atas hiposenter yang telah diberikan oleh katalog gempa WebDC terhadap gempa lokal Sumatera selama periode 10 Maret 2013 sampai 10 Maret 2014. Pada setiap kejadian gempa bumi di suatu daerah pasti mempunyai parameter hiposenter (pusat terjadinya gempa bumi), parameter ini sangat penting untuk diketahui sehingga dapat digunakan pada penentuan posisi gempa bumi yang lebih tepat. Dalam perangkat lunak Hypo71, data yang dimasukkan pada tebakan awal berupa data letak stasiun perekam, model struktur kecepatan bumi 1D dan waktu tiba gelombang-P dan waktu tiba gelombang-S. *Input* data pada Hypo71 berupa *file*

yang diberi nama Hypo71PC.INP kemudian ketika Hypo71PC.EXE dijalankan akan memberikan perintah untuk memasukkan nama *file input* dan seterusnya mengikuti perintah untuk memasukkan informasi yang diinginkan oleh program. Hasil akhir dari Hypo71 berupa *output* data dengan bentuk Hypo71PC.PRT dan Hypo71PC.PUN. Pada Hypo71PC.PRT memberikan informasi pendekatan dalam menentukan posisi hiposenter dan episenter sedangkan pada *file* Hypo71PC.PUN memberikan informasi *output* yang akan digunakan *input* data pada perangkat lunak selanjutnya.

Relokasi yang telah dilakukan menghasilkan data *latitude*, *longitude* dan kedalaman yang mengalami perubahan dari data awal. Nilai RMS atau selisih antara data sebenarnya (*origin time*) berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang beragam. Besar kecilnya nilai RMS ini sangat tergantung pada nilai tebakan awal dari parameter model. Hal ini dikuatkan oleh Lee dan Lahr (1972) bahwa parameter yang dimasukkan pada *input* data ini sangat berpengaruh pada proses iterasi dalam program Hypo71. Hasil parameter hiposenter gempa bumi yang telah direlokasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Parameter Gempa Bumi Sumatera yang direlokasi

No	Event	Latitude		Longitude		Depth	
		WebDC	Hypo71	WebDC	Hypo71	WebDC	Hypo71
1	20140223_01:47:07	1.18	1.14	97.19	97.11	27.00	28.00
2	20140222_17:29:52	1.19	1.15	97.26	97.33	33.00	35.20
3	20140222_17:28:01	1.18	1.20	97.24	97.29	27.00	28.00
4	20140222_11:45:37	1.16	1.14	97.18	97.16	19.00	19.84
5	20140129_21:39:39	-4.58	-4.50	100.59	100.64	10.00	12.00
6	20140120_04:45:14	-4.91	-4.95	102.91	102.87	64.00	62.00
7	20140111_02:09:05	-0.67	-0.67	97.46	97.48	10.00	11.90
8	20140103_14:17:47	-5.89	-5.90	103.48	103.46	27.00	27.00
9	20140103_08:20:47	-5.30	-5.28	103.24	103.34	68.00	68.00
10	20131223_07:16:39	-1.60	-1.61	100.32	100.31	19.00	20.00
11	20131220_21:10:47	4.21	4.26	96.24	96.22	84.00	84.00
12	20131210_04:27:20	-5.58	-5.59	102.24	103.23	44.00	46.10
13	20131206_18:49:35	-0.56	-0.57	96.26	96.25	10.00	11.00
14	20131202_07:34:58	2.10	2.08	96.69	96.64	25.00	22.00
15	20131201_09:36:23	-4.38	-4.36	102.33	102.34	63.00	66.00
16	20131201_06:29:58	2.04	2.08	96.84	96.87	17.00	16.56
17	20131128_16:02:53	0.16	0.16	98.51	98.56	43.00	43.00
18	20131119_20:22:45	1.30	1.32	97.12	97.14	24.00	25.00
19	20131028_23:27:45	-5.05	-5.07	102.94	102.96	50.00	50.20
20	20131022_05:40:39	5.07	5.06	95.76	95.74	10.00	14.00
21	20131019_01:47:25	4.66	4.67	95.10	95.09	55.00	54.23

Lanjutan

No	Event	Latitude		Longitude		Depth	
		WebDC	Hypo71	WebDC	Hypo71	WebDC	Hypo71
22	20131015_12:57:09	3.91	3.91	95.79	95.78	45.00	47.31
23	20131014_23:56:27	-1.81	-1.85	100.36	101.39	57.00	57.84
24	20131013_17:32:46	3.97	3.94	95.96	95.93	53.00	52.80
25	20131011_13:12:57	-5.97	-5.96	103.10	103.07	37.00	37.78
26	20131005_21:29:36	-3.33	-3.36	100.57	100.60	37.00	37.00
27	20130928_18:08:22	-4.24	-4.26	101.77	101.72	58.00	58.60
28	20130926_20:09:32	1.66	1.62	96.89	96.91	26.00	27.14
29	20130918_14:29:17	3.31	3.27	97.42	97.48	87.00	86.79
30	20130904_23:32:39	2.51	2.48	96.00	96.05	22.00	22.00
31	20130904_09:11:58	2.82	2.87	98.91	98.93	157.00	157.10
32	20130828_05:43:26	-2.05	-2.07	100.68	100.67	60.00	61.00
33	20130825_04:00:04	1.12	1.14	95.81	95.86	09.00	09.54
34	20130824_12:04:20	-3.10	-3.15	102.16	102.20	109.00	109.43
35	20130822_18:30:01	-2.11	-2.15	100.62	100.64	48.00	49.00
36	20130814_20:07:25	-3.32	-3.34	100.35	100.38	24.00	22.00
37	20130811_10:38:45	-5.81	-5.83	102.84	102.83	40.00	41.00
38	20130808_07:48:46	-2.27	-2.25	100.69	100.64	52.00	53.00
39	20130807_05:15:01	2.14	2.18	97.81	97.85	10.00	09.60
40	20130726_14:36:22	-0.41	-0.47	99.19	99.17	65.00	67.00
41	20130724_21:39:24	-3.53	-3.56	101.49	101.48	55.00	55.80
42	20130716_23:41:13	5.46	5.48	97.93	96.91	12.00	12.00
43	20130711_07:16:25	1.81	1.83	99.14	99.16	10.00	10.20
44	20130709_17:23:03	-3.20	-3.24	100.26	100.21	32.00	33.00
45	20130709_17:14:21	-3.36	-3.35	100.31	100.32	10.00	10.20
46	20130709_17:04:17	-3.33	-3.37	100.43	100.42	21.00	21.40
47	20130709_01:05:37	2.22	2.21	96.12	96.13	10.00	10.10
48	20130706_05:05:07	-3.32	-3.37	100.52	100.53	29.00	30.00
49	20130705_16:54:39	2.62	2.67	98.66	98.62	10.00	10.00
50	20130702_15:36:45	4.59	4.57	96.73	96.74	10.00	10.20
51	20130702_13:55:40	4.61	4.64	96.75	96.78	10.00	10.30
52	20130702_07:37:05	4.59	4.58	96.63	96.65	10.00	09.80
53	20130616_19:07:16	-4.67	-4.69	102.72	102.72	62.00	62.00
54	20130616_00:44:39	1.77	1.76	97.02	97.07	10.00	10.20
55	20130603_15:31:03	-5.04	-5.05	102.32	102.36	41.00	41.40
56	20130530_18:36:59	-3.99	-3.98	99.48	99.49	10.00	10.30
57	20130529_04:35:20	-5.06	-5.05	102.12	102.12	42.00	42.00
58	20130526_11:20:02	-1.90	-1.91	100.12	100.15	45.00	45.00
59	20130525_07:19:46	0.45	0.46	98.50	98.52	44.00	44.60
60	20130516_01:11:30	0.08	0.10	100.31	100.35	163.00	162.90
61	20130429_13:42:59	3.93	3.97	95.92	95.97	50.00	45.00
62	20130421_23:05:02	-4.58	-4.53	104.37	104.39	183.00	185.00
63	20130416_18:22:30	-2.18	-2.19	99.68	99.69	25.00	27.00
64	20130412_02:19:30	1.06	1.08	97.23	97.28	18.00	18.56
65	20130405_17:35:29	0.19	0.20	98.64	98.65	39.00	39.00
66	20130404_05:29:08	-4.25	-4.26	102.38	102.34	53.00	54.20
67	20130314_18:18:38	4.55	4.57	96.30	96.31	12.00	12.00
68	20130305_02:08:58	-5.50	-5.53	104.72	104.73	13.00	15.00
69	20130303_22:24:15	2.75	2.70	95.78	95.79	26.00	28.00

Selain diperoleh data nilai hiposenter, diperoleh data nilai *origin time* dan RMS dalam perangkat lunak Hypo71 yang ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 4.3 Parameter *origin time* dan rms

No	<i>Origin Time</i>		RMS
	WebDC	Hypo71	
1	01:47:07	01:47:08.79	0.52
2	17:29:52	17:29:53.79	0.60
3	17:28:01	17:28:02.17	0.66
4	11:45:37	11:45:38.42	0.42
5	21:39:39	21:39:40.28	0.15
6	04:45:14	04:45:15.85	0.35
7	02:09:05	02:09:06.64	0.60
8	14:17:47	14:17:47.77	0.56
9	08:20:47	08:20:46.92	0.47
10	07:16:39	07:16:39.95	0.26
11	21:10:47	21:10:47.80	0.68
12	04:27:20	04:27:20.66	0.40
13	18:49:35	18:49:35.55	0.24
14	07:34:58	07:34:58.66	0.53
15	09:36:23	09:36:23.67	0.33
16	06:29:58	06:30:00.06	0.16
17	16:02:53	16:02:51.10	0.31
18	20:22:45	20:22:45.43	0.12
19	23:27:45	23:27:46.33	0.71
20	05:40:39	05:40:39.94	0.28
21	01:47:25	01:47:26.35	0.50
22	12:57:09	12:57:08.66	0.45
23	23:56:27	23:56:28.81	0.29
24	17:32:46	17:32:46.50	0.23
25	13:12:57	13:12:57.32	0.17
26	21:29:36	21:29:37.71	0.31
27	18:08:22	18:08:22.48	0.22
28	20:09:32	20:08:32.90	0.39
29	14:29:17	14:29:17.61	0.27
30	23:32:39	23:32:39.46	0.18
31	09:11:58	09:11:58.83	0.35
32	05:43:26	05:43:27.35	0.14
33	04:00:04	04:00:04.49	0.41
34	12:04:20	12:04:20.93	0.56
35	18:30:01	18:30:02.16	0.23
36	20:07:25	20:07:26.60	0.29
37	10:38:45	10:38:45.16	0.33
38	07:48:46	07:48:46.76	0.14
39	05:15:01	05:15:02.17	0.60
40	14:36:22	14:36:22.57	0.56
41	21:39:24	21:39:25.46	0.30
42	23:41:13	23:41:13.69	0.18
43	07:16:25	07:16:26.28	0.32
44	17:23:03	17:23:03.91	0.39
45	17:14:21	17:14:21.97	0.12
46	17:04:17	17:04:18.12	0.53

Lanjutan

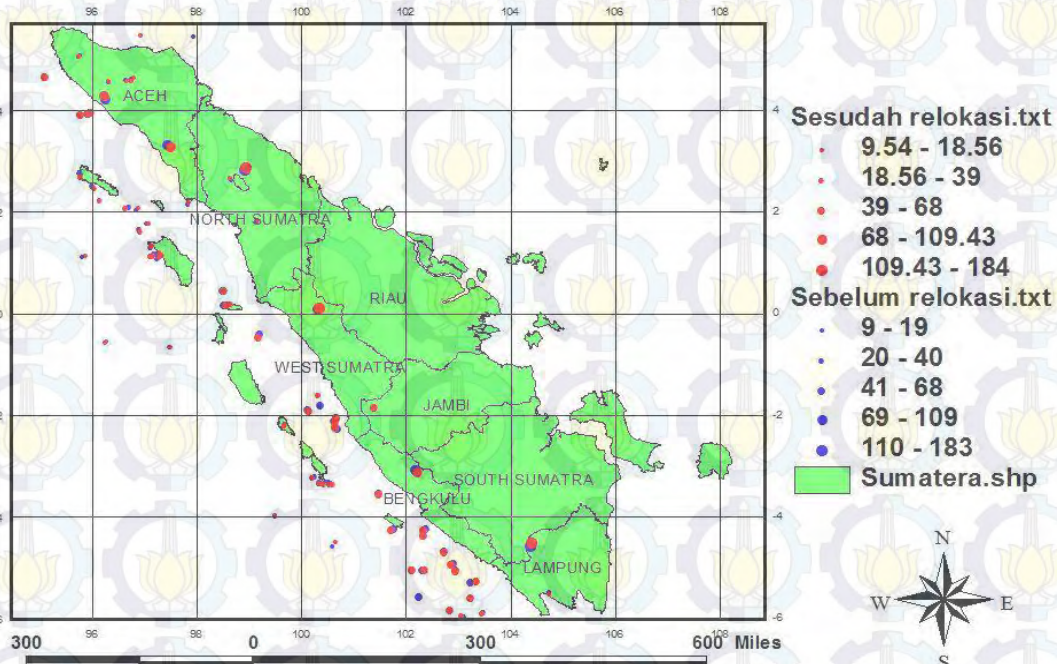
No	Origin Time		RMS
	WebDC	Hypo71	
47	01:05:37	01:05:37.59	0.46
48	05:05:07	05:05:07.97	0.52
49	16:54:39	16:54:39.51	0.45
50	15:36:45	15:36:45.81	0.13
51	13:55:40	13:55:41.13	0.58
52	07:37:05	07:37:05.99	0.32
53	19:07:16	19:07:16.48	0.39
54	00:44:39	00:44:39.70	0.41
55	15:31:03	15:31:03.25	0.40
56	18:36:59	18:36:59.51	0.17
57	04:35:20	04:35:20.96	0.66
58	11:20:02	11:20:03.20	0.22
59	07:19:46	07:19:46.79	0.58
60	01:11:30	01:11:30.98	0.17
61	13:42:59	13:43:00.89	0.61
62	23:05:02	23:05:02.05	0.67
63	18:22:30	18:22:30.68	0.28
64	02:19:30	02:19:30.54	0.58
65	17:35:29	17:35:27.20	0.50
66	05:29:08	05:29:08.74	0.72
67	18:18:38	18:18:38.32	0.15
68	02:08:58	02:08:58.87	0.74
69	22:24:15	22:24:15.45	0.25

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa gempa bumi yang terekam mayoritas merupakan gempa bumi dangkal yang terjadi pada kedalaman kurang dari 60 km yaitu dengan kedalaman pada interval 9.54 km sampai 58.60 km sebanyak 57 gempa, sedangkan untuk gempa bumi menengah yang terjadi di kedalaman 60 km sampai 300 km sebanyak 12 gempa dengan kedalaman pada interval 61 km sampai 185.00 km. Dari Tabel 4.3 juga dapat dilihat bahwa hasil penelitian ini menunjukkan nilai RMS yang bervariasi yaitu 0.12 hingga 0.74. RMS yang kurang dari 0.50 dikategorikan mempunyai kualitas C, untuk data yang mempunyai RMS kurang dari 0.30 mempunyai kualitas B, dan pada data yang mempunyai RMS kurang dari 0.15 termasuk pada kualitas A dan untuk data gempa yang menghasilkan RMS lebih dari 0.50 termasuk kategori D. Nilai RMS ini menunjukkan nilai keakuratan dari parameter model yang diperoleh. Ketika nilai RMS kecil maka nilai parameter model yang dihasilkan mendekati keadaan sebenarnya. Besar kecilnya nilai RMS yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh penentuan nilai tebakan awal dari parameter model. Selain itu, keakuratan

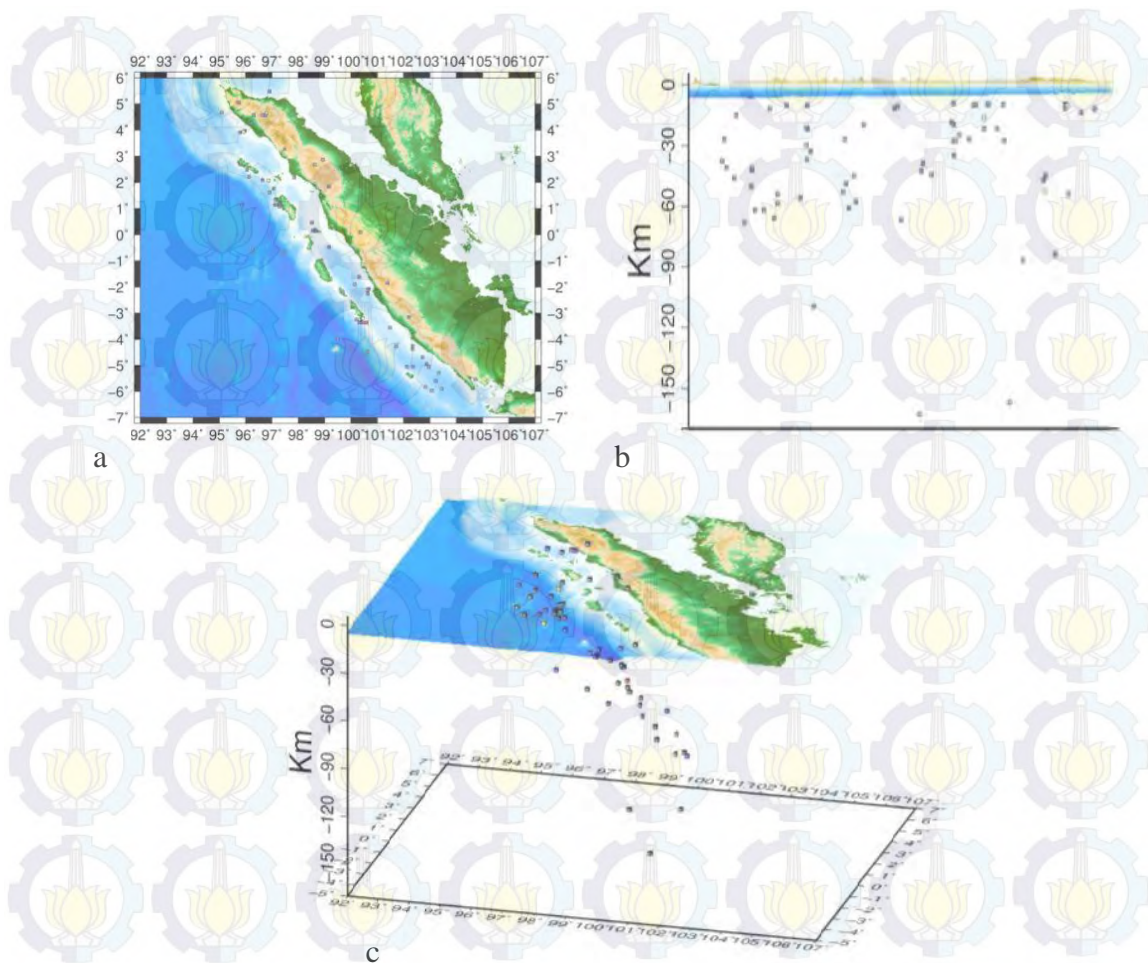
penentuan waktu tiba gelombang-P dan gelombang-S. RMS dalam penelitian ini adalah kesalahan waktu dalam satuan sekon, sehingga pada proses konversi ke dalam kualitas hiposenter penelitian ini berada pada standart yang cukup baik hasil datanya. Kejadian gempa berdasarkan Tabel 4.2 banyak terjadi pada bulan Juli 2013 sebanyak 13 *event* gempa dengan *magnitude* paling besar yaitu 6.1.

Data-data yang diperoleh dari katalog gempa WebDC dikorelasikan dengan data yang diperoleh dari hasil relokasi menggunakan Hypo71, selanjutnya dicoba untuk dilakukan analisis suatu gempa yang menghasilkan suatu kesimpulan posisi gempa yang lebih akurat sebagai asumsi (karena keadaan sebenarnya tidak benar diketahui). Asumsi tersebut dapat dijadikan dasar pedoman untuk penentuan suatu hiposenter gempa. Hasil relokasi hiposenter diinterpretasikan sebagai bentuk kondisi sesar yang menyebabkan bidang patahan sumber gempa menggunakan perangkat lunak arcViewgis seperti berikut:

Peta Relokasi Gempa Pulau Sumatera Periode 2013-2014



Gambar 4.2. Posisi gempa sebelum dan sesudah direlokasi



Gambar 4.3. Posisi relokasi gempa dalam 3 dimensi dari atas ke bawah a. tampak atas, b. tampak samping dan c. tampak atas dan samping

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa lingkaran warna biru merupakan posisi gempa sebelum direlokasi sedangkan warna merah merupakan hasil relokasi yang telah dilakukan oleh Hypo71. Sumbu X dari gambar adalah batas *longitude* dalam satuan derajat dan sumbu Y adalah batas *latitude* dalam satuan derajat dan sumbu Z adalah kedalaman dalam satuan km.

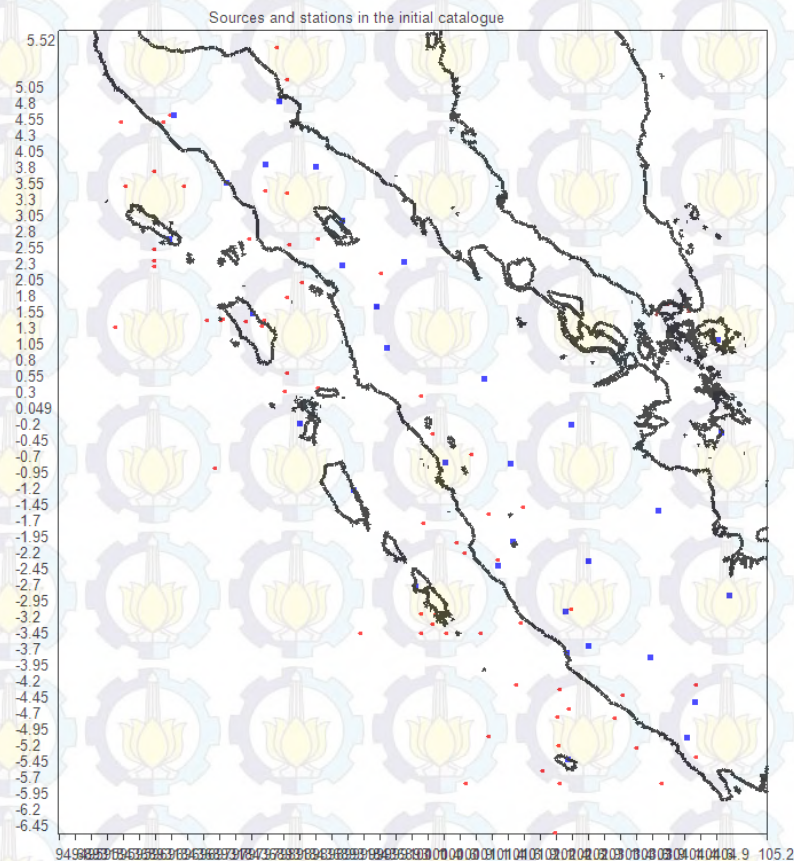
Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa banyaknya jumlah gempa dengan nilai *magnitude* yang bervariasi. Jika dilihat pada gambar, sebagian besar gempa terakumulasi di bagian selatan Sumatera karena disana terdapat zona subduksi dimana lempeng Australia menunjam lempeng Eurasia dan lempeng Australia yang menunjam ke arah lempeng Sunda. Sebagian lagi terakumulasi di bagian utara Sumatera karena di sana terdapat penunjaman lempeng India ke arah

lempeng Eurasia, lempeng Australia yang menunjam ke arah lempeng Sunda (McCaffrey, 2009).

Adanya perbedaan hiposenter dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan interpretasi zona patahan atau zona subduksi melalui tren posisi jika dilihat secara vertikal (Hirose *et al.*, 2008). Dari persebaran gempa yang tampak secara vertikal dapat diketahui kluster yang menandakan zona patahan yang selanjutnya dapat membangun sebuah gempa (Ishada *et al.*, 1988). Alasan ini muncul dikarenakan pada dasarnya gempa terjadi pada bidang patahan atau zona subduksi. Data peta ini juga dapat digunakan untuk acuan interpretasi bawah permukaan Sumatera. Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat jika *event* gempa berada di sepanjang koordinat antara -6° sampai 6° derajat Lintang Utara dan 95° sampai 105° Bujur Timur.

Sebaran hiposenter gempabumi setelah direlokasi menunjukkan kondisi yang sesuai dengan kondisi geologis daerah tersebut dimana sebagian gempa berada tepat di zona subduksi. Gempa-gempa yang terjadi di daerah yang lebih dekat dengan letak zona subduksi mempunyai kedalaman yang dangkal sedangkan jika semakin jauh dengan zona subduksi maka kedalamannya akan bertambah. Konsentrasi hiposenter dapat digunakan dalam mengidentifikasi bidang patahan.

Setelah diperoleh waktu *arrival time* dari proses *picking* menggunakan Seisgram maka akan diperoleh juga *travel time* yang digunakan sebagai *input* awal pada pengolahan seismik tomografi. Nilai *travel time* tersebut diperoleh dari selisih antara *arrival time* dengan *origin time*. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat posisi *event* gempa dan stasiun perekam setelah pengolahan dengan menggunakan *code* LOTOS.



Gambar 4.4. Persebaran *event* gempa dan stasiun dengan *code* LOTOS

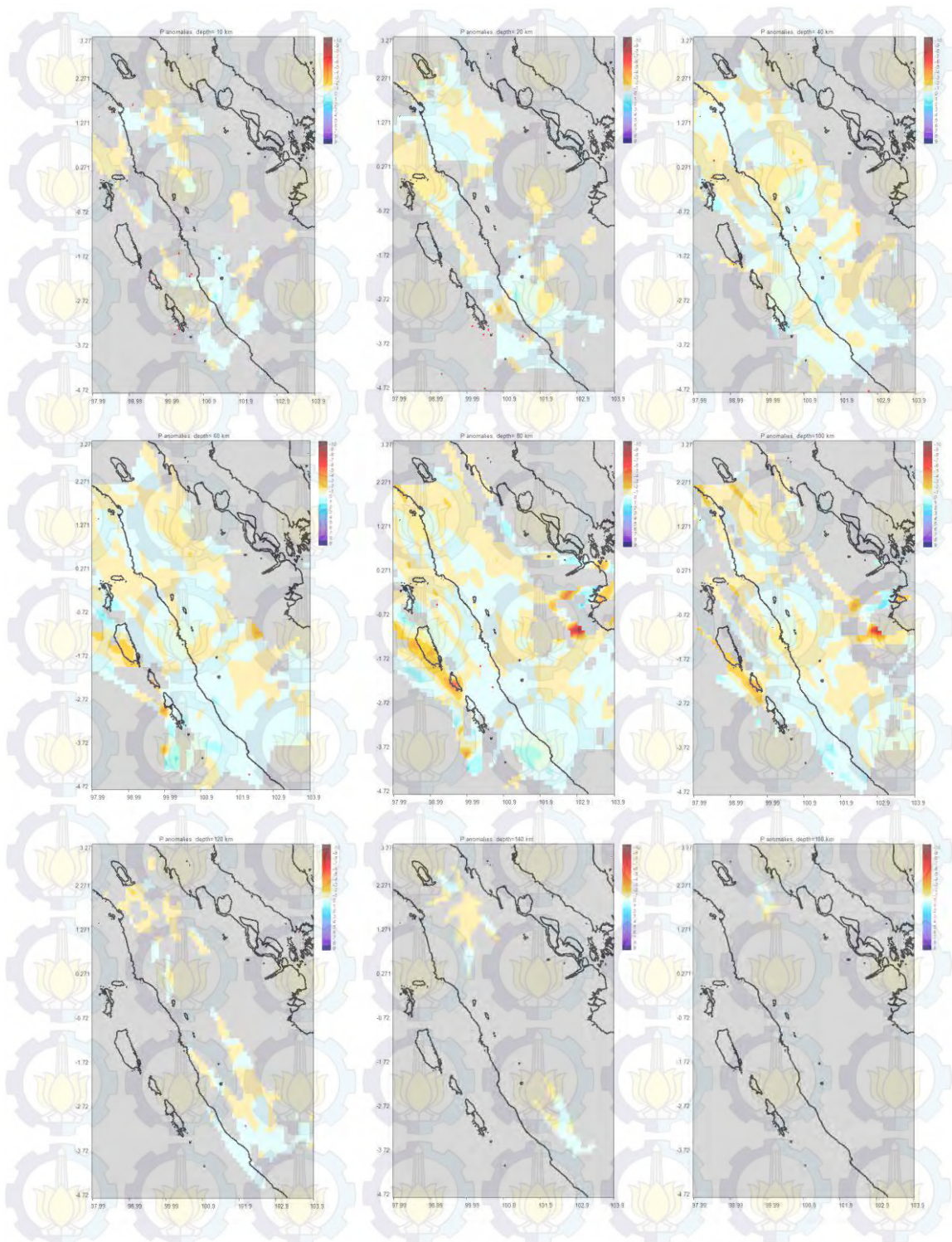
Berdasarkan data, tingkat seismik menurun pada bulan November 2013. Hal ini dikarenakan pada bulan tersebut hanya terjadi gempa sebanyak dua kali (*magnitude* >4.7) yaitu pada 19 November 2013 dan 28 November 2013 dengan *magnitude* 4.8 dan 5.0 jika dibandingkan dengan *event* gempa yang terjadi pada bulan lainnya. Titik merah pada gambar menunjukkan sebaran *event* gempa yang terjadi sedangkan titik biru merupakan posisi stasiun perekam gempa bumi.

4.3 Analisis Distribusi Kecepatan 3 Dimensi

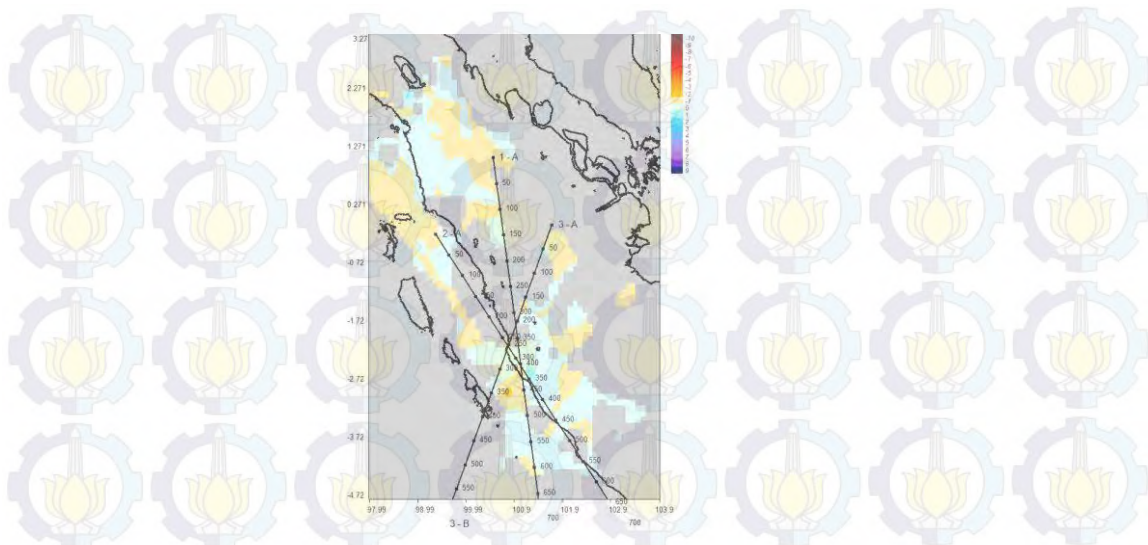
Pada pengolahan data *event* gempa menggunakan LOTOS-12 diperoleh penampang model kecepatan pulau Sumatera. Distribusi kecepatan dalam 3 dimensi diperoleh melalui beberapa tahapan, pertama penentuan lokasi dalam model 3 dimensi dengan menggunakan algoritma *ray tracing* pada minimalisasi *travel time* yang diperoleh, kedua sumber gempa dan lokasi awal yang telah diperoleh direlokasi kembali menggunakan metode 3D *ray tracing*

(*bending tracing*) dan yang ketiga parameterisasi grid serta anomali distribusi kecepatan antara *node* yang diinterpolasi secara linier sehingga menjadi blok tetrahedral (Kaulakov, 2009). Pada penelitian ini, digunakan minimum spasi antara *node* yaitu 1 km untuk menghindari konsentrasi *node* yang berlebihan pada area dengan densitas *ray* yang tinggi yang digunakan pada penampang vertikal. Kemudian perhitungan turunan matriks dan inversi matriks dilakukan menggunakan kode iteratif yang terdapat pada LSQR (Paige dan Saunders, 1982). Selanjutnya setelah melalui ketiga tahapan maka akan diperoleh penampang bawah permukaan pulau Sumatera yang diwakili oleh peta distribusi kecepatan gelombang-P (V_p), peta distribusi kecepatan gelombang-S (V_s) dan rasio V_p/V_s dalam sayatan bidang horizontal dan sayatan bidang vertikal.

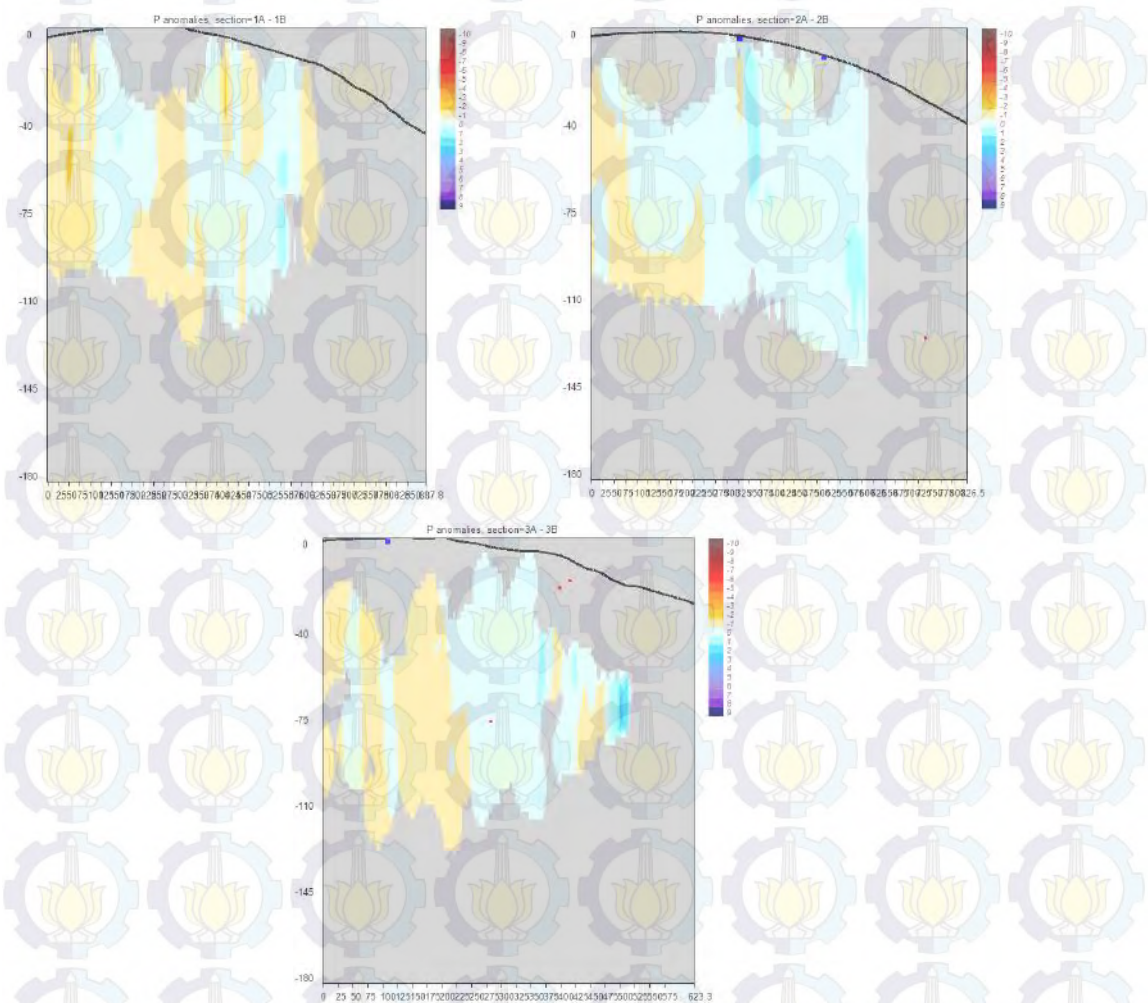
Citra anomali yang diperoleh berdasarkan *travel time* P dan S ditampilkan dalam besaran persentase deviasi V_p dan V_s dengan satuan besaran deviasi adalah km/detik. Harga anomali deviasi terletak antara -10% sampai +10% terhadap distribusi model kecepatan gelombang-P dan gelombang-S seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.8. Pada bidang horizontal diambil sebanyak 9 kedalaman yaitu pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 60 km, 80 km, 100 km, 120 km, 160 km dan 180 km. Sedangkan pada sayatan bidang vertikal diambil pada area yang mewakili banyaknya kejadian gempa pada pulau Sumatera dalam kasus penelitian ini yaitu pada sayatan 1, 2 dan 3 yang ditampilkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.10. Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.9 adalah garis *cross section* yang dapat digunakan sebagai acuan analisis distribusi anomali kecepatan gelombang-P dan gelombang-S secara lebih detail. Dalam Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 juga ditampilkan kecepatan absolut untuk gelombang-P dan gelombang-S.



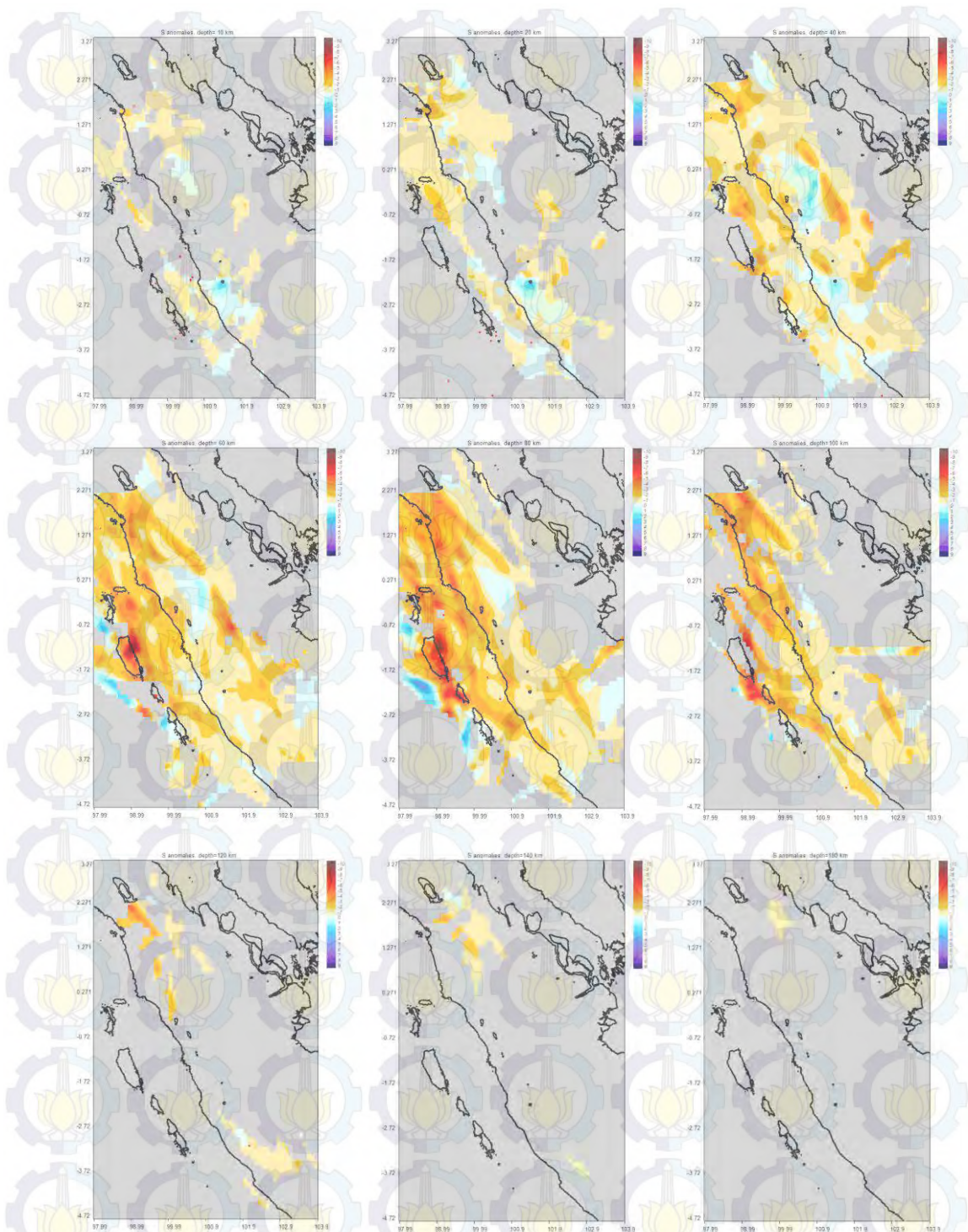
Gambar 4.5 Distribusi anomali kecepatan gelombang-P pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.



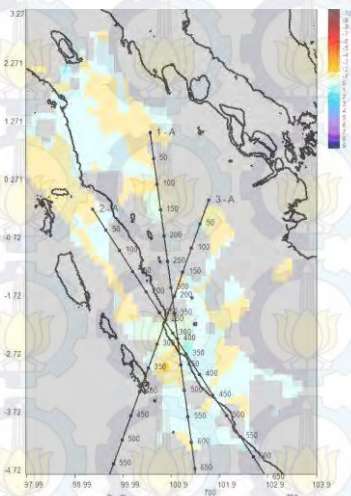
Gambar 4.6 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi kecepatan gelombang-P pada sayatan vertikal



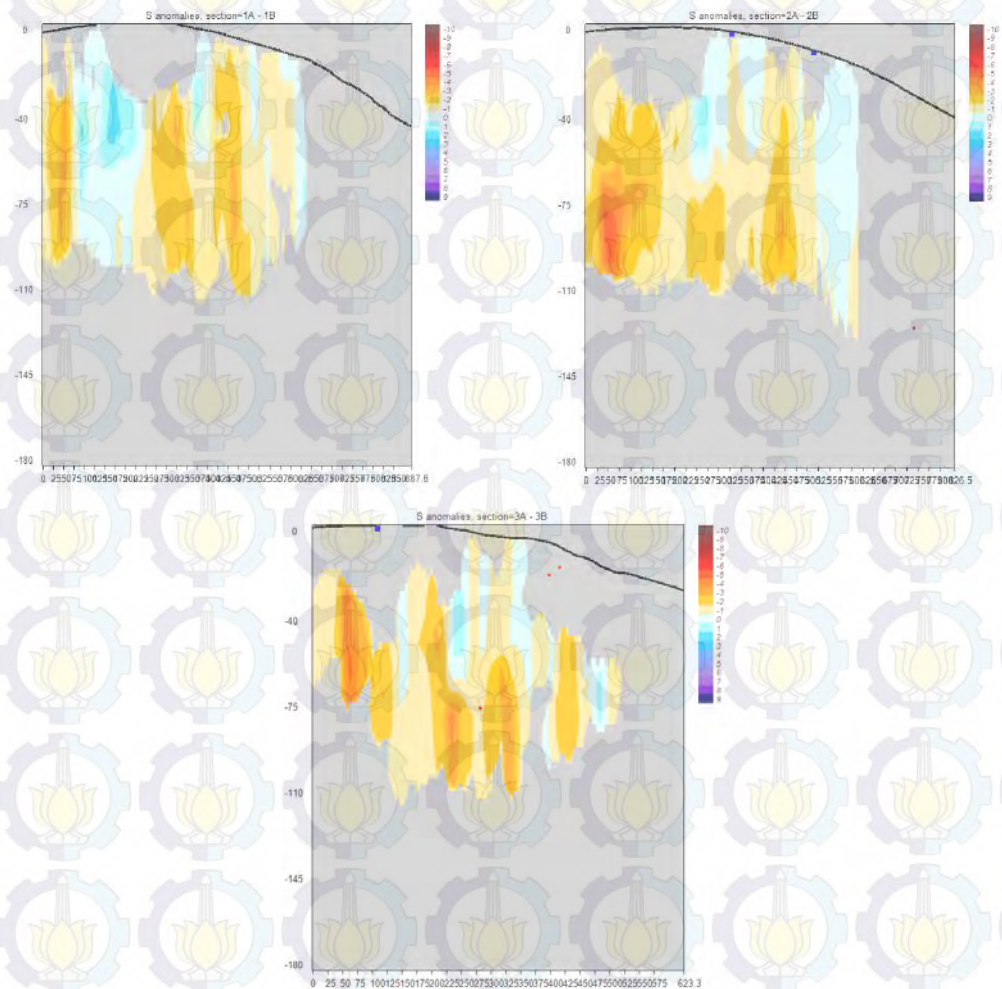
Gambar 4.7 Anomali kecepatan gelombang-P pada sayatan vertikal



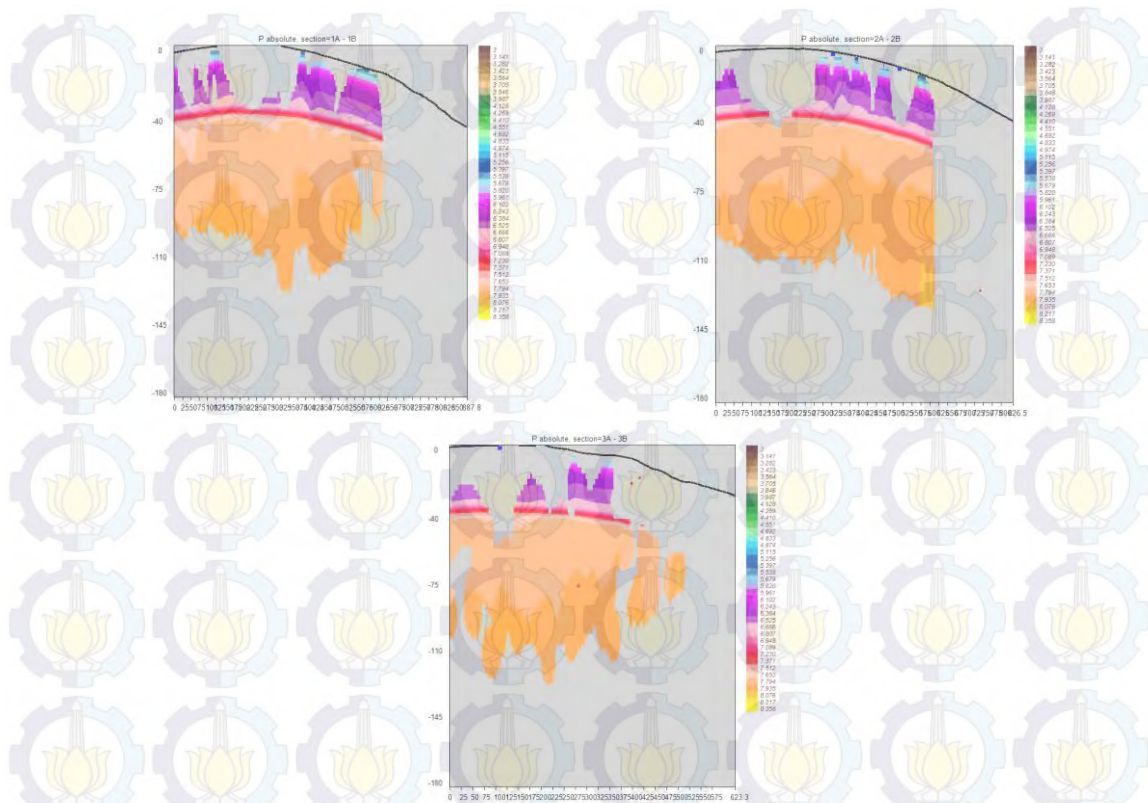
Gambar 4.8 Distribusi anomali kecepatan gelombang-S pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.



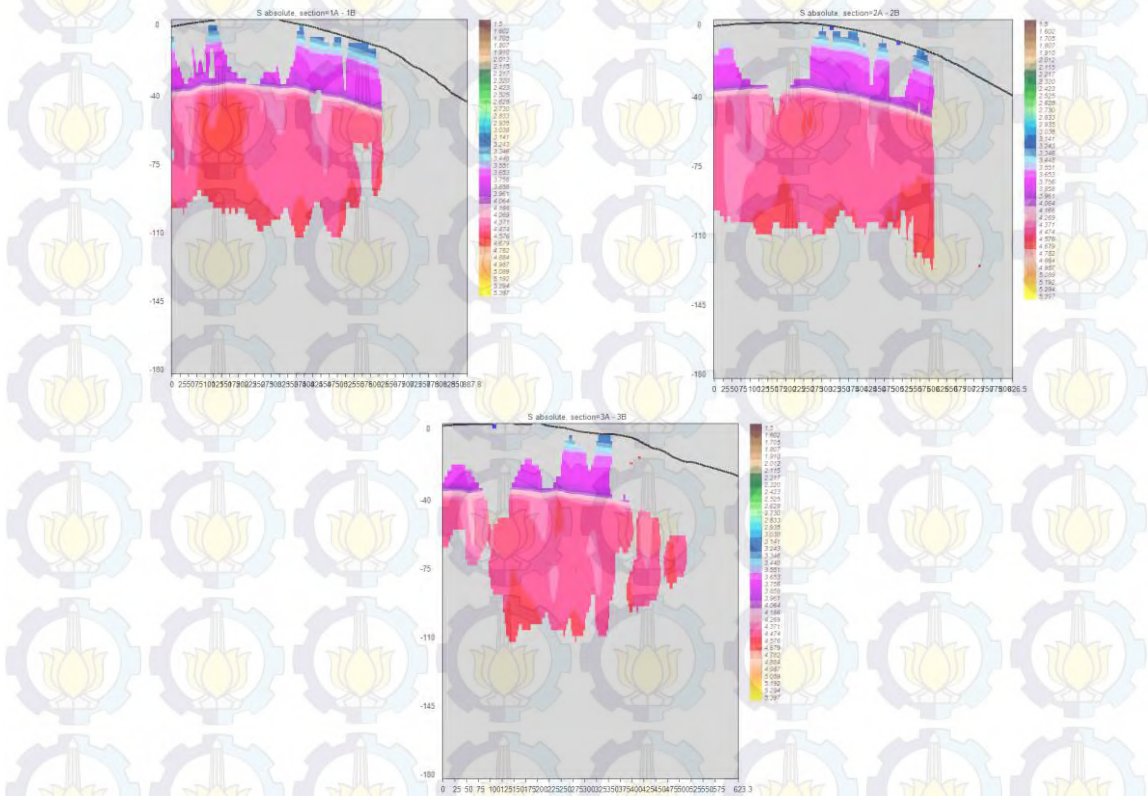
Gambar 4.9 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi kecepatan gelombang-S pada sayatan vertikal



Gambar 4.10 Anomali kecepatan gelombang-S pada sayatan vertikal



Gambar 4.11 Anomali kecepatan absolut gelombang-P pada sayatan vertikal



Gambar 4.12 Anomali kecepatan absolut gelombang-S pada sayatan vertikal

Berdasarkan hasil pengolahan oleh perangkat lunak LOTOS, setelah melewati proses parameterisasi dan inversi, jumlah *event* menjadi 50 *event* dengan jumlah *picking* gelombang-P menjadi 621 gelombang dan jumlah *picking* gelombang-S menjadi 578 gelombang. Pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.8 merupakan distribusi dari hasil inversi kecepatan gelombang-P dan gelombang-S pada sayatan horizontal. Warna merah tua mewakili anomali negatif maksimum dan warna biru tua mewakili anomali positif maksimum. Anomali negatif lebih mencerminkan daerah lemah yang biasanya diduga berkaitan langsung dengan peningkatan fluida dan pelelehan slab subduksi yang disebabkan fase transisi (Suantika, 2009). Pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.8, kecepatan gelombang-P dan gelombang-S anomali negatif dapat terlihat jelas pada kedalaman 40 km, 60 km, 80 km dan 100 km sedangkan untuk kedalaman 10 km, 20 km, 120 km, 140 km dan 180 km anomali kurang teresolusi. Anomali negatif deviasi kecepatan dalam bidang sayatan horizontal menyebar di beberapa area seperti di bagian utara Sumatera, bagian selatan Sumatera dan bagian barat Sumatera dengan deviasi kecepatan maksimum yang teresolusi dengan baik untuk gelombang-P dan gelombang-S terdapat pada daerah kepulauan Mentawai dan kepulauan Nias, dikarenakan pada daerah tersebut terdapat beberapa jenis patahan seperti patahan Andaman, patahan Batee dan patahan Mentawai (McCaffrey, 2009). Anomali negatif ini terletak sepanjang latitude antara -3.72 sampai 2.271 dan longitude antara 97.99 sampai 102.9.

Pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.10 merupakan distribusi dari hasil inversi kecepatan gelombang-P dan gelombang-S pada sayatan vertikal yang diperoleh dari hasil *cross section* (Gambar 4.6 dan Gambar 4.9) yaitu pertama pada posisi *longitude* 100.55512 sampai 101.82175 dan posisi *latitude* -6.75158 sampai 1.14462, kedua pada posisi *longitude* 99.36935 sampai 103.95076 dan posisi *latitude* -6.05089 sampai pada posisi *latitude* -0.17591 dan yang ketiga pada posisi *longitude* 99.53104 sampai 101.76785 dan posisi *latitude* -5.16156 sampai -0.01421. Warna merah tua mewakili anomali negatif maksimum dan warna biru tua mewakili anomali positif maksimum. Pada hasil ketiga *cross section* tersebut terdapat nilai yang relatif kecil pada model gelombang-P dan gelombang-S anomali negatif pada kedalaman 10 km sampai 110 km.

Berdasarkan Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 yang merupakan anomali kecepatan absolut gelombang-P dan gelombang-S pada sayatan vertikal menunjukkan bahwa karakter pada penjalaran gelombang-P dan gelombang-S terdapat sedikit perbedaan dimana karakter gelombang-P lebih mampu menjalar pada semua medium sedangkan karakter gelombang-S tidak mampu menjalar pada medium fluida. Walaupun demikian secara umum penampang yang dihasilkan menunjukkan kemiripan struktur batuan di bawah Sumatera, hal ini dapat terlihat pada gambar yang dihasilkan. Dalam kasus penelitian ini yaitu daerah Sumatera diperkirakan terdapat beberapa lapisan yaitu kerak atas di kedalaman sekitar 0 km sampai 25 km, kerak bawah pada kedalaman sekitar 25 km sampai 45 km dan mantel atas pada kedalaman lebih dari 45 km (dalam penelitian ini maksimum kedalaman yang teresolusi dengan baik yaitu sampai kedalaman 130 km).

Pada bagian kerak atas diperoleh kecepatan gelombang-P sekitar 6.525 km/s, pada bagian kerak bawah diperkirakan kecepatan gelombang-P sekitar 7.230 km/s dan pada bagian mantel atas diperkirakan kecepatan gelombang-P sekitar 7.935 km/s. Hasil ini dikuatkan oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Sudiyanto (2014) pada penelitian daerah Bengkulu menggunakan perangkat lunak LOTOS-12 diperoleh hasil nilai kecepatan gelombang-P sekitar 7.35 km/s di sebelah utara gunung Dempo dengan deviasi kecepatan -5% dan di sebelah utara gunung Bukit Daun kecepatan gelombang-P sekitar 7.71 km/s dengan deviasi kecepatan -3% (Sudiyanto, 2014). Penelitian Ardianti (2012) menggunakan perangkat lunak HypoGA menunjukkan untuk daerah Sumatera Barat kecepatan gelombang-P pada lapisan kerak atas di kedalaman 0 km sampai 19.650 km sekitar 6.120 km/s, pada lapisan kerak bawah di kedalaman 19.650 km sampai 45.030 km sekitar 6.937 km/s dan pada bagian mantel atas di kedalaman lebih dari 45.030 km sekitar 8.200 km/s. Sedangkan untuk kecepatan gelombang-S penelitian ini menunjukkan bahwa pada bagian kerak atas diperoleh kecepatan gelombang-S sekitar 4.064 km/s dan pada bagian kerak bawah diperkirakan kecepatan gelombang-S sekitar 4.269 km/s dan pada bagian mantel atas diperkirakan kecepatan gelombang-S sekitar 4.679 km/s. Penelitian lain yang dilakukan oleh Sudiyanto (2009) di daerah Bengkulu menunjukkan bahwa nilai

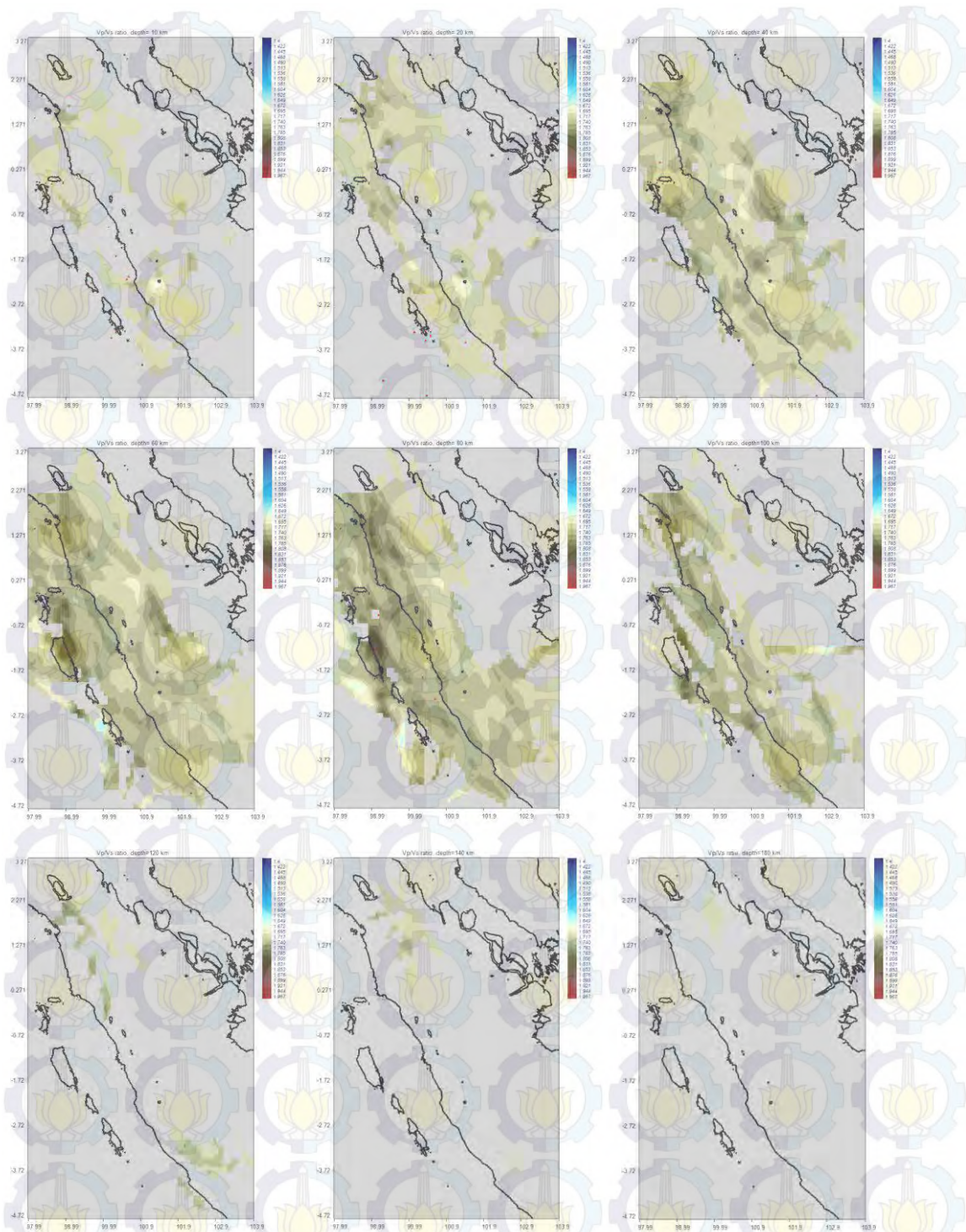
kecepatan gelombang-S sekitar 4.19 km/s di sebelah utara gunung Dempo dengan deviasi kecepatan -5% dan di sebelah utara gunung Bukit Daun kecepatan gelombang-P sekitar 4.28 km/s dengan deviasi kecepatan -3%. Ardianti (2012) yang melakukan penelitian kecepatan gelombang-S pada daerah Sumatera Barat menunjukkan bahwa kecepatan gelombang-S pada lapisan kerak atas di kedalaman 0 km sampai 19.650 km sekitar 3.532 km/s, pada lapisan kerak bawah di kedalaman 19.650 km sampai 45.030 km sekitar 4.007 km/s dan pada bagian mantel atas di kedalaman lebih dari 45.030 km sekitar 4.737 km/s. Pada 100 km dari pegunungan Bukit Barisan merupakan *backbound* dari pulau Sumatera yang meliputi batuan Pretertiary ditutupi oleh batuan vulkanik Kenozoikum. Pusat struktural yaitu struktur keretakan dan patahan Sumatera berbentuk dip-slip. Tingkat dan arah subduksi dari litosfer di bawah Sunda *trench* namun selanjutnya dimodifikasi oleh pergerakan independen dari busur tersebut. Patahan Sumatera seperti patahan besar lainnya sangat tersegmentasi (Katili, 1974 dan Natawidjaja, 2000). Kebanyakan segmen kurang dari 100 km dan hanya 2 dari 19 segmen yang diidentifikasi lebih dari 200 km.

4.4 Analisis Struktur Vp/Vs

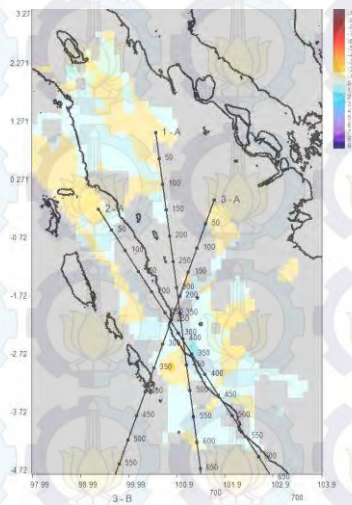
Berdasarkan inversi tomografi yang telah dilakukan oleh perangkat lunak LOTOS menghasilkan tomografi yang diperoleh dari Tp dan Ts selanjutnya diturunkan model tomografi Vp/Vs baik pada sayatan bidang horizontal maupun pada sayatan bidang vertikal (Gambar 4.13 dan Gambar 4.15). Pada penelitian ini diberikan faktor redaman yang sama antara Tp dan Ts namun menghasilkan tampilan yang berbeda, hal ini disebabkan jumlah masukan data Tp lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah masukan data Ts. Citra tomogram berdasarkan model rasio Vp/Vs ditampilkan tanpa satuan, besaran rasio Vp/Vs tergantung pada estimasi kecepatan gelombang-P dan gelombang-S. Besaran ini mempunyai harga antara 1.4 sampai 1.976. Warna biru tua mewakili Vp/Vs rasio minimum dan warna merah tua mewakili rasio Vp/Vs rasio maksimum, hal ini berlaku pada kedua bidang sayatan baik bidang horizontal maupun bidang vertikal. Vp/Vs yang bernilai tinggi sering dikaitkan dengan retakan pada batuan yang berisi fluida dan tingginya tingkat saturasi air (Moos and Zoback, 1983). Sedangkan rasio Vp/Vs

rendah dikaitkan dengan batuan kering yang terisi oleh gas. Batuan yang banyak terisi fluida akan menimbulkan perubahan tekanan pori yang akan berujung pada retakan dan selanjutnya akan berkontribusi pada kejadian gempa bumi.

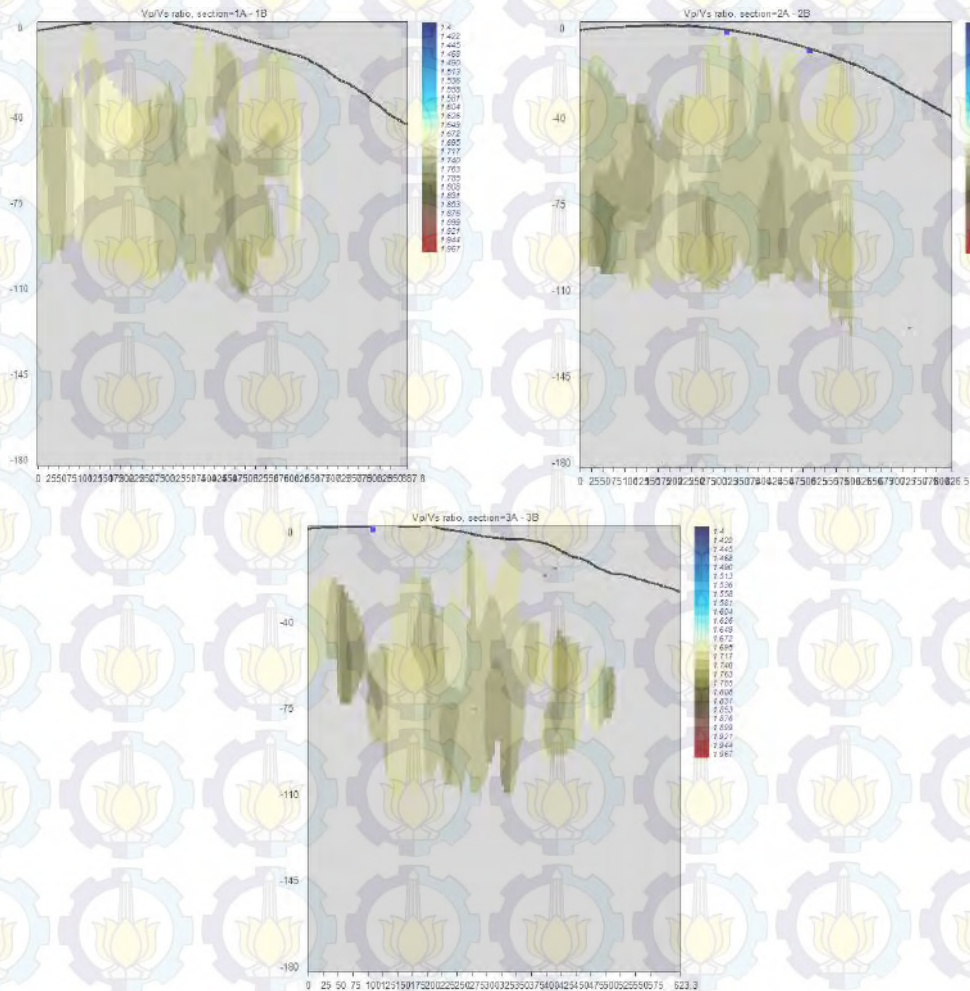
Berdasarkan citra tomogram yang dihasilkan pada bidang horizontal, di daerah dekat permukaan mempunyai nilai rasio V_p/V_s yang rendah jika dibandingkan dengan daerah yang lebih dalam. Pada kedalaman 40 km, 60 km dan 80 km serta 100 km citra tomogram rasio V_p/V_s dapat teresolusi dengan jelas dengan nilai rasio V_p/V_s minimum sebesar 1.695 dan nilai rasio V_p/V_s maksimum sebesar 1.899. Sedangkan pada kedalaman 10 km, 20 km, 120 km, 140 km dan 180 km kurang teresolusi dengan baik, dikarenakan pada penelitian ini event gempa berada pada kedalaman maksimum yaitu 184 km setelah relokasi menggunakan perangkat lunak Hypo71. Pada bidang vertikal, di ketiga garis *cross section* rasio V_p/V_s rendah diperoleh mayoritas pada kedalaman sekitar 0 km hingga 55 km, sedangkan rasio V_p/V_s tinggi berada pada mayoritas kedalaman 55 km hingga 110 km. Keberadaan daerah lemah seperti sesar atau struktur bawah permukaan hasil kegiatan tektonik (Aki and Lee, 1976). Anomali yang rendah menunjukkan kecenderungan dikelilingi oleh hiposenter gempa.



Gambar 4.13 Distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan horizontal tomogram. Dari atas dan dari kiri ke kanan masing-masing pada kedalaman 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 100 km, 120 km, 140 km, 160 km dan 180 km.

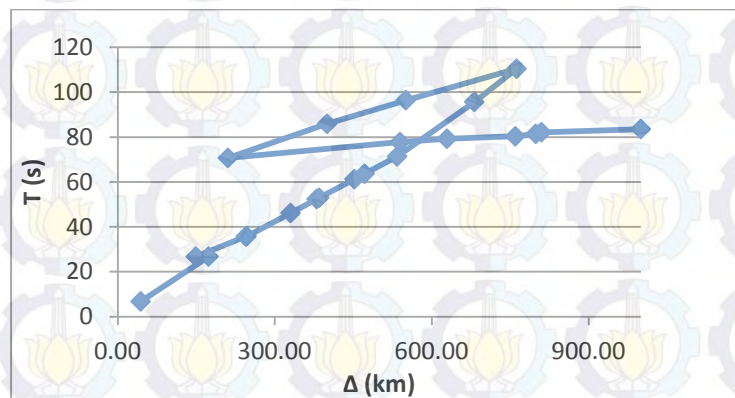


Gambar 4.14 Garis *cross section* untuk menampilkan distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal



Gambar 4.15 Anomali distribusi rasio V_p/V_s pada sayatan vertikal

Pada penentuan zona kecepatan rendah dapat ditunjukkan oleh grafik waktu tempuh dan jarak episentral pada Gambar 4.16. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa terdapat efek triplikasi yang membuktikan adanya struktur anomali kecepatan rendah yang sesuai dengan gambar struktur bawah permukaan pulau Sumatera yang ditunjukkan pada gambar-gambar di sesi sebelumnya. Parameter p berkurang secara monoton, namun pada selang Δ tertentu parameter ini tidak lagi berharga tunggal, tetapi terdapat 3 nilai p untuk harga Δ yang sama. Dengan menafsirkan p sebagai kemiringan kurva waktu tempuh dan harga selang Δ tertentu.



Gambar 4.16 Kurva waktu tempuh gelombang dan jarak episentral

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

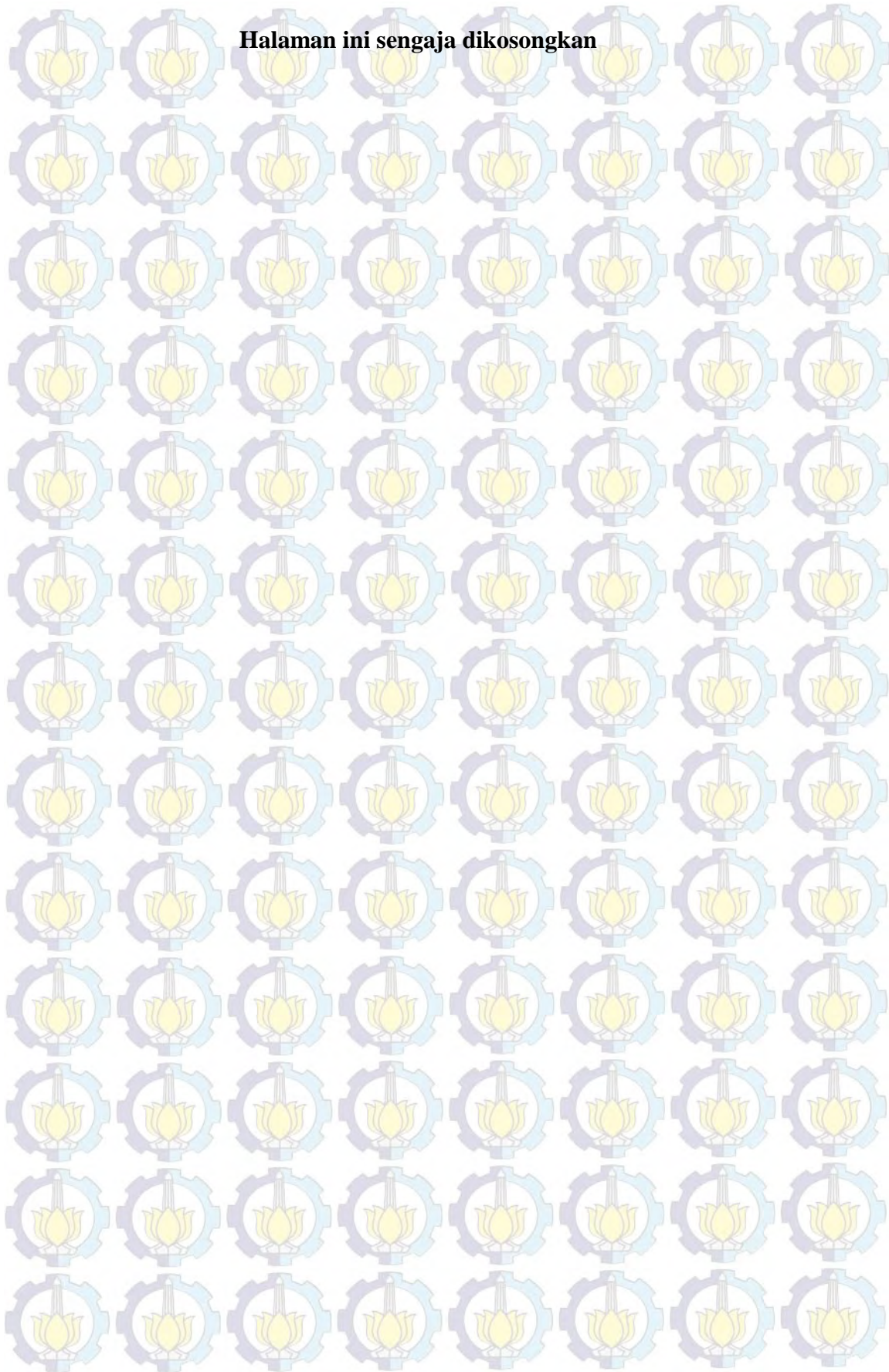
Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. *Event* gempa sebanyak 50 *event* dengan jumlah *picking* gelombang-P sebanyak 621 dan *picking* gelombang-S sebanyak 578 dengan koordinat mayoritas pada 95.09 hingga 104.39 dan -5.96 hingga 5.48 di kedalaman 9.54 km hingga 184 km.
2. Pada bagian kerak atas V_p sekitar 6.525 km/s dan V_s sekitar 4.064 km/s, pada bagian kerak bawah V_p sekitar 7.230 km/s dan V_s sekitar 4.269 km/s dan pada bagian mantel atas V_p sekitar 7.935 km/s dan V_s 4.679 km/s. Anomali V_p/V_s rendah menunjukkan kecenderungan dikelilingi oleh hiposenter gempa yang ditunjukkan oleh daerah dekat permukaan dengan nilai rasio V_p/V_s minimum sebesar 1.695 dan nilai rasio V_p/V_s maksimum sebesar 1.899. Pada bidang vertikal rasio V_p/V_s rendah diperoleh mayoritas pada kedalaman sekitar 0 km hingga 55 km, sedangkan rasio V_p/V_s tinggi berada pada mayoritas kedalaman 55 km hingga 110 km.
3. Pada citra 3D diperoleh adanya variasi anomali V_p dan V_s di sekitar bagian utara Sumatera, selatan Sumatera dan barat Sumatera yang cenderung memiliki anomali negatif dengan dibuktikan adanya efek triplikasi pada deviasi kecepatan maksimum yang teresolusi baik untuk gelombang-P dan gelombang-S terdapat pada daerah kepulauan Mentawai dan Nias, dikarenakan pada daerah tersebut terdapat beberapa jenis patahan seperti patahan Andaman, patahan Batee dan patahan Mentawai.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis yaitu perlu adanya penambahan jumlah data gempa yang mempunyai distribusi sinar yang merata untuk mendapatkan citra tomografi yang lebih real dan dilakukan pengujian dengan data sintesis.

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN

RENCANA DAN JADWAL KERJA PENELITIAN

Kegiatan penelitian akan direncanakan berlangsung selama 6 bulan yang dimulai bulan Agustus 2014 sampai dengan bulan Januari 2015 dengan rincian seperti pada berikut.

Rencana Kerja Penelitian

Rencana Kerja Penelitian	Jul 2014	Ags 2014	Sep 2014	Okt 2014	Nop 2014	Des 2014	Jan 2015
Studi literatur							
Pemilihan data daerah gempa bumi							
Pemilihan katalog gempa bumi							
Pengubahan format data gempa							
Ujian proposal							
<i>Picking</i> gelombang-P dan -S							
Penentuan hiposenter gempa							
Inversi tomografi							
Analisis data dan interpretasi							
Penulisan jurnal ilmiah							
Penulisan Laporan							
Sidang Thesis							

1. DATA GEMPA DARI WEBDC

No	Origin Time	Magnitude	Lat	Long	Depth	Region
1	20140223_01:47:07	4.7	1.18	97.19	27	Northern Sumatra
2	20140222_17:29:52	5.2	1.19	97.26	33	Northern Sumatra
3	20140222_17:28:01	4.8	1.18	97.24	27	Northern Sumatra
4	20140222_11:45:37	4.8	1.16	97.18	19	Northern Sumatra
5	20140129_21:39:39	4.7	-4.58	100.59	10	Southern Sumatra
6	20140120_04:45:14	5.0	-4.91	102.91	64	Southern Sumatra
7	20140111_02:09:05	4.9	-0.67	97.46	10	Southern Sumatra
8	20140103_14:17:47	4.9	-5.89	103.48	27	Southern Sumatra
9	20140103_08:20:47	4.8	-5.30	103.24	68	Southern Sumatra
10	20131223_07:16:39	4.8	-1.60	100.32	19	Southern Sumatra
11	20131220_21:10:47	5.0	4.21	96.24	84	Northern Sumatra
12	20131210_04:27:20	5.3	-5.58	102.24	44	Southern Sumatra
13	20131206_18:49:35	4.8	-0.56	96.26	10	Southern Sumatra
14	20131202_07:34:58	5.3	2.10	96.69	25	Northern Sumatra
15	20131201_09:36:23	4.7	-4.38	102.33	63	Southern Sumatra
16	20131201_06:29:58	5.9	2.04	96.84	17	Northern Sumatra
17	20131128_16:02:53	5.0	0.16	98.51	43	Northern Sumatra
18	20131119_20:22:45	4.8	1.30	97.12	24	Northern Sumatra
19	20131028_23:27:45	4.9	-5.05	102.94	50	Southern Sumatra
20	20131022_05:40:39	5.4	5.07	95.76	10	Northern Sumatra
21	20131019_01:47:25	4.8	4.66	95.10	55	Northern Sumatra
22	20131015_12:57:09	5.0	3.91	95.79	45	west Coast of Northern
23	20131014_23:56:27	5.0	-1.81	100.36	57	Southern Sumatra
24	20131013_17:32:46	5.6	3.97	95.96	53	west Coast of Northern
25	20131011_13:12:57	4.9	-5.97	103.10	37	Southern Sumatra
26	20131005_21:29:36	4.8	-3.33	100.57	37	Southern Sumatra
27	20130928_18:08:22	4.8	-4.24	101.77	58	Southern Sumatra
28	20130926_20:09:32	4.7	1.66	96.89	26	west Coast of Northern
29	20130918_14:29:17	4.9	3.31	97.42	87	Northern Sumatra
30	20130904_23:32:39	4.7	2.51	96.00	22	Northern Sumatra
31	20130904_09:11:58	4.9	2.82	98.91	157	Northern Sumatra
32	20130828_05:43:26	5.3	-2.05	100.68	60	Southern Sumatra
33	20130825_04:00:04	5.1	1.12	95.81	09	west Coast of Northern
34	20130824_12:04:20	4.9	-3.10	102.16	109	Southern Sumatra
35	20130822_18:30:01	4.7	-2.11	100.62	48	Southern Sumatra
36	20130814_20:07:25	4.9	-3.32	100.35	24	Southern Sumatra
37	20130811_10:38:45	4.8	-5.81	102.84	40	Southern Sumatra
38	20130808_07:48:46	4.8	-2.27	100.69	52	Southern Sumatra
39	20130807_05:15:01	4.9	2.14	97.81	10	Northern Sumatra
40	20130726_14:36:22	5.0	-0.41	99.19	65	Southern Sumatra
41	20130724_21:39:24	4.9	-3.53	101.49	55	Southern Sumatra
42	20130716_23:41:13	5.3	5.46	97.93	12	Northern Sumatra
43	20130711_07:16:25	4.7	1.81	99.14	10	Northern Sumatra
44	20130709_17:23:03	4.7	-3.20	100.26	32	Southern Sumatra
45	20130709_17:14:21	5.0	-3.36	100.31	10	Southern Sumatra
46	20130709_17:04:17	5.4	-3.33	100.43	21	Southern Sumatra
47	20130709_01:05:37	4.9	2.22	96.12	10	Northern Sumatra
48	20130706_05:05:07	6.0	-3.32	100.52	29	Southern Sumatra
49	20130705_16:54:39	4.7	2.62	98.66	10	Northern Sumatra
50	20130702_15:36:45	5.2	4.59	96.73	10	Northern Sumatra
51	20130702_13:55:40	5.5	4.61	96.75	10	Northern Sumatra

52	20130702_07:37:05	6.1	4.59	96.63	10	Northern Sumatra
53	20130616_19:07:16	4.7	-4.67	102.72	62	Southern Sumatra
54	20130616_00:44:39	4.8	1.77	97.02	10	Northern Sumatra
55	20130603_15:31:03	5.0	-5.04	102.32	41	Southern Sumatra
56	20130530_18:36:59	5.2	-3.99	99.48	10	Southern Sumatra
57	20130529_04:35:20	5.0	-5.06	102.12	42	Southern Sumatra
58	20130526_11:20:02	4.9	-1.90	100.12	45	Southern Sumatra
59	20130525_07:19:46	4.9	0.45	98.50	44	Northern Sumatra
60	20130516_01:11:30	4.8	0.08	100.31	163	Northern Sumatra
61	20130429_13:42:59	5.2	3.93	95.92	50	west Coast of Northern
62	20130421_23:05:02	4.7	-4.58	104.37	183	Southern Sumatra
63	20130416_18:22:30	4.8	-2.18	99.68	25	Southern Sumatra
64	20130412_02:19:30	4.8	1.06	97.23	18	Northern Sumatra
65	20130405_17:35:29	5.2	0.19	98.64	39	Northern Sumatra
66	20130404_05:29:08	4.8	-4.25	102.38	53	Southern Sumatra
67	20130314_18:18:38	4.8	4.55	96.30	12	Northern Sumatra
68	20130305_02:08:58	4.7	-5.50	104.72	13	Southern Sumatra
69	20130303_22:24:15	4.8	2.75	95.78	26	west Coast of Northern

2. DATA PICKING SEISGRAM

Event	Stasiun	Origin	P (fix seis)	S (fix seis)	Distance (km)
1	PBSI	1:47:07	01:47:34.145	01:47:54.223	183.13
	SNSI	1:47:07	01:47:32.209	01:47:51.459	166.97
	KCSI	1:47:07	01:47:43.954	01:48:13.473	268.34
	TRSI	1:47:07	01:47:38.755	01:48:11.885	217.99
	PSI	1:47:07	01:47:43.564	01:48:10.109	255.97
	SISI	1:47:07	01:47:55.156	01:48:32.220	349.69
	MLSI	1:47:07	01:47:55.950	01:48:32.444	354.17
	LASI	1:47:07	01:47:58.399	01:48:37.854	374.57
	PDSI	1:47:07	01:48:05.866	01:48:47.866	431.78
	BKNI	1:47:07	01:48:06.982	01:48:51.446	438.42
	PPSI	1:47:07	01:48:14.353	01:49:15.008	540.21
	KRJI	1:47:07	01:48:23.514	01:49:29.062	598.23
	MKBI	1:47:07	01:48:24.587		604.46
2	SNSI	17:29:52	17:30:17.068	17:30:36.154	170.67
	PSI	17:29:52	17:30:28.503	17:30:53.770	249.41
	PBSI	17:29:52	17:30:18.368	17:30:37.996	178.93
	TRSI	17:29:52	17:30:21.754	17:30:45.554	210.50
	TPTI	17:29:52	17:30:25.058	17:30:49.426	230.55
	SISI	17:29:52	17:30:38.834	17:31:15.475	345.95
	RPSI	17:29:52	17:30:34.959	17:31:06.357	302.29
	PDSI	17:29:52	17:30:48.482	17:31:33.741	425.85
	LASI	17:29:52	17:30:41.328	17:31:21.015	371.77
	MLSI	17:29:52	17:30:39.900	17:31:17.295	353.09
	BKNI	17:29:52	17:30:44.575	17:31:34.563	431.07
	PPSI	17:29:52	17:31:02.655	17:31:57.907	536.65
	KRJI	17:29:52	17:31:09.769	17:32:10.757	592.75
	MKBI	17:29:52	17:31:10.017		599.43
	TPRI	17:29:52	17:31:35.730	17:32:58.457	808.40
	MDSI	17:29:52	17:31:58.812	17:32:40.003	994.56
	PMBI	17:29:52	17:31:52.490	17:33:28.040	943.88
	EGSI	17:29:52	17:31:49.109	17:33:21.835	916.30
	KASI	17:29:52	17:32:11.728		1096.82
3	PBSI	17:28:01	17:28:27.630	17:28:48.804	179.50
	SNSI	17:28:01	17:28:26.611	17:28:45.230	170.22
	PSI	17:28:01	17:28:36.757	17:29:04.537	251.81
	TRSI	17:28:01	17:28:32.943	17:28:57.349	212.99
	TPTI	17:28:01	17:28:34.224	17:29:00.958	346.36
	RPSI	17:28:01	17:28:43.213	17:29:29.313	231.59
	MLSI	17:28:01	17:28:48.375	17:29:35.187	304.75
	LASI	17:28:01	17:28:51.804	17:29:33.938	355.58

	PDSI	17:28:01	17:29:00.224		373.33
	BKNI	17:28:01	17:29:09.925	17:29:40.378	427.11
	SDSI	17:28:01	17:29:18.122	17:30:04.281	432.99
	KRJI	17:28:01	17:29:18.710	17:30:20.671	521.55
	PPSI	17:28:01	17:29:11.336	17:30:07.698	593.83
	TPRI	17:28:01	17:29:45.269	17:31:08.011	537.00
	MDSI	17:28:01	17:30:08.497	17:31:41.912	810.59
	EGSI	17:28:01	17:30:58.649		995.57
	PMBI	17:28:01	17:30:02.716	17:31:38.788	916.77
4	PBSI	11:45:37	11:46:04.665	11:46:24.026	945.29
	PSI	11:45:37	11:46:15.083	11:46:41.548	182.22
	KCSI	11:45:37	11:46:15.984	11:46:47.416	258.27
	TRSI	11:45:37	11:46:10.451	11:46:35.690	270.76
	TPTI	11:45:37	11:46:12.012	11:46:38.602	219.95
	SBSI	11:45:37	11:46:13.206	11:46:40.503	233.71
	SISI	11:45:37	11:46:25.685	11:47:03.13	251.65
	MLSI	11:45:37	11:46:26.266	11:47:04.781	348.60
	BKNI	11:45:37	11:46:37.611	11:47:21.140	356.06
	PDSI	11:45:37	11:46:36.741	11:47:21.508	439.03
	KRJI	11:45:37	11:46:56.236	11:47:21.248	431.53
	SNSI	11:45:37	11:47:03.402	11:47:22.194	597.76
5	EGSI	21:39:39	21:40:10.311	21:40:35.445	168.16
	PPSI	21:39:39	21:40:11.123	21:40:36.425	205.60
	MDSI	21:39:39	21:40:35.191	21:41:17.354	210.60
	KSI	21:39:39	21:40:15.427	21:40:43.983	397.88
	KRJI	21:39:39	21:40:21.192	21:40:54.191	244.95
	MKBI	21:39:39	9:40:16 PM		293.18
	LWLI	21:39:39	21:40:33.157	21:41:14.937	247.85
	SDSI	21:39:39	21:40:34.533	21:41:21.029	387.44
	KASI	21:39:39	21:40:40.316	21:41:28.031	416.12
	BKNI	21:39:39	21:40:53.423	21:41:51.122	445.17
6	EGSI	4:45:14	04:45:29.017	04:45:42.079	547.85
	MDSI	4:45:14	04:45:36.040	04:45:52.533	85.71
	LWLI	4:45:14	04:45:34.267	04:45:49.895	148.25
	KASI	4:45:14	04:45:41.535	04:46:02.063	127.83
	KSI	4:45:14	04:45:36.130	04:45:53.027	188.41
	UBSI	4:45:14	04:45:36.827	04:45:52.373	144.26
	MASI	4:45:14	04:45:47.109	04:46:08.526	146.07
	SLSI	4:45:14	04:45:42.360	04:46:26.921	210.24
	PMBI	4:45:14	04:45:55.079		282.15
	KRJI	4:45:14	04:46:04.244	04:46:38.148	298.71
	PPSI	4:45:14	04:46:09.091	04:46:49.276	325.23

	SISI	4:45:14	04:46:30.283	04:47:29.518	399.72
	PDSI	4:45:14	04:46:23.428	04:47:15.214	581.94
	BKNI	4:45:14	04:46:24.123	04:47:37.263	521.09
	PBSI	4:45:14	04:46:49.184	04:48:05.357	618.21
	MKBI	4:45:14	04:46:52.382		745.57
7	PBSI	2:09:05	02:09:25.613	02:09:40.421	283.16
	SISI	2:09:05	02:09:35.836	02:09:57.946	114.00
	GSI	2:09:05	02:09:37.565	02:10:01.439	195.31
	PDSI	2:09:05	02:09:32.713	02:10:27.582	219.83
	TRSI	2:09:05	02:09:33.679	02:10:30.134	334.82
	SNSI	2:09:05	02:09:56.683	02:10:36.840	342.97
	PPSI	2:09:05	02:09:56.326	02:10:34.325	364.81
	BKNI	2:09:05	02:10:03.597	02:10:47.419	367.68
	TPTI	2:09:05	02:10:05.367	02:10:54.703	413.17
	KRJI	2:09:05	02:10:11.696	02:11:01.128	438.32
	MKBI	2:09:05	02:10:08.601		472.09
	UBSI	2:09:05	02:10:30.414	02:11:35.767	464.26
	EGSI	2:09:05	02:10:33.335	02:12:01.271	635.51
	MDSI	2:09:05	02:10:57.645	02:12:26.267	746.28
	KASI	3:09:05	02:11:08.586	02:12:46.155	858.36
8	LWLI	14:17:47	14:18:08.658	14:18:21.919	949.32
	KASI	14:17:47	14:18:05.334	14:18:20.850	116.28
	MDSI	14:17:47	14:18:13.252	14:18:33.203	119.57
	EGSI	14:17:47	14:18:11.515	14:18:36.104	174.21
	KSI	14:17:47	14:18:24.840		146.00
	SLSI	14:17:47	14:18:43.488	14:19:23.516	267.59
	PMBI	14:17:47	14:18:35.611	14:19:24.205	401.17
	MKBI	14:17:47	14:18:48.513		358.65
	KRJI	14:17:47	14:18:50.390	14:19:40.561	456.34
	PDSI	14:17:47	14:19:11.747	14:20:18.046	478.04
	RGRI	14:17:47	14:19:09.513	14:20:14.429	646.99
	BKNI	14:17:47	14:19:23.410	14:20:39.415	629.12
9	KASI	8:20:47	08:21:06.896	08:21:20.655	742.43
	LWLI	8:20:47	08:21:01.909	08:21:12.412	141.24
	EGSI	8:20:47	08:21:07.129	08:21:21.009	95.97
	MDSI	8:20:47	08:21:06.474	08:21:22.451	106.86
	UBSI	8:20:47	08:21:17.336	08:21:38.874	137.83
	KSI	8:20:47	08:21:14.876	08:21:37.122	202.01
	MASI	8:20:47	08:21:25.701	08:21:56.603	196.82
	SLSI	8:20:47	08:21:32.742	08:22:07.672	264.41
	KRJI	8:20:47	08:21:43.980	08:22:23.496	331.18
	PPSI	8:20:47	08:21:49.153	08:22:35.837	407.71

	SISI	8:20:47	08:22:09.303	08:23:14.540	455.04
	BKNI	8:20:47	08:22:13.129	08:23:21.009	638.29
	LASI	8:20:47	08:23:22.842	08:25:23.703	671.65
10	SISI	7:16:39	07:17:01.520	07:17:18.748	1232.73
	SDSI	7:16:39	07:17:02.006	07:17:19.549	140.12
	MKBI	7:16:39	07:17:01.496		143.81
	PPSI	7:16:39	07:17:00.938	07:17:17.690	139.00
	KRJI	7:16:39	07:17:01.379	07:17:18.341	135.29
	PBSI	7:16:39	07:17:19.478	07:17:50.704	138.16
	BKNI	7:16:39	07:17:12.561	07:17:38.378	284.55
	SLSI	7:16:39	07:17:17.326	07:17:47.078	228.66
	MASI	7:16:39	07:17:18.080	07:17:48.334	267.49
	UBSI	7:16:39	07:17:24.293	07:17:59.569	273.61
	SBSI	7:16:39	07:17:27.248	07:18:03.887	323.60
	MDSI	7:16:39	07:17:50.401	07:18:46.567	347.80
	EGSI	7:16:39	07:17:42.438	07:18:32.311	535.24
	PSI	7:16:39	07:17:46.460	07:18:39.132	470.34
	KCSI	7:16:39	07:18:02.909	07:19:08.968	502.18
11	MLSI	21:10:47	21:10:59.141	21:11:08.480	636.10
	SNSI	21:10:47	21:11:16.363	21:11:39.379	19.25
	LASI	21:10:47	21:11:13.809		200.51
	GSI	21:10:47	21:11:35.033	21:12:12.878	193.81
	PSI	21:10:47	21:11:33.447	21:12:09.567	355.58
	TRSI	21:10:47	21:11:38.910	21:12:19.682	342.21
	SBSI	21:10:47	21:11:49.272	21:12:38.333	387.49
	SISI	21:10:47	21:12:16.563	21:13:27.163	472.53
	BKNI	21:10:47	21:12:15.476	21:13:25.292	694.92
	PDSI	21:10:47	21:12:21.845	21:13:36.504	686.12
	RGRI	21:10:47	21:12:35.080	21:14:00.303	737.82
	PPSI	21:10:47	21:12:39.615	21:14:08.456	845.79
	MKBI	21:10:47	21:12:44.882		882.62
	TPRI	21:10:47	21:12:53.195	21:14:32.034	925.54
	KRJI	21:10:47	21:12:42.949	21:14:14.437	990.45
	SLSI	21:10:47	21:12:56.393	21:14:38.393	909.74
	KSI	21:10:47	21:13:09.123	21:15:01.368	1018.47
	LHSI	21:10:47	21:13:19.049	21:15:19.211	1123.57
	MDSI	21:10:47	21:13:31.578	21:15:41.873	1205.56
	EGSI	21:10:47	21:13:25.556	21:15:30.770	1308.68
	KASI	21:10:47	21:13:45.462	21:16:05.479	1256.98
	LWLI	21:10:47	21:13:36.101		1418.47
12	EGSI	4:27:20	04:27:27.960	04:27:33.782	1344.25
	MDSI	4:27:20	04:27:54.000	04:28:21.075	25.62

	KASI	4:27:20	04:27:54:662	04:28:21:631	246.75
	LWLI	4:27:20	04:27:49:830	04:28:13:049	249.75
	MASI	4:27:20	04:27:57:394	04:28:26:249	210.88
	LHSI	4:27:20	04:27:53:675	04:28:19:754	271.15
	KSI	4:27:20	04:27:50:253	04:28:14:852	241.33
	SLSI	4:27:20	04:28:07:866	04:28:45:791	217.95
	PPSI	4:27:20	04:28:02:896	04:28:54:786	356.60
	KRJI	4:27:20	04:28:12:895	04:28:54:511	397.89
	MKBI	4:27:20	04:28:08:962		397.42
	PMBI	4:27:20	04:28:17:602	04:28:55:807	365.58
	PDSI	4:27:20	04:28:32:359		403.74
	SISI	4:27:20	04:28:36:420	04:29:36:746	555.34
	BKNI	4:27:20	04:28:14:467	04:28:54:947	588.15
	PBSI	4:27:20	04:28:57:169	04:30:13:797	670.15
	GSI	4:27:20	04:29:17:821	04:30:51:208	755.47
	SBSI	4:27:20	04:29:07:065	04:30:31:761	924.23
	PSI	4:27:20	04:29:26:170	04:31:01:831	836.36
	KCSI	4:27:20	04:29:42:905	04:31:36:210	991.12
	TPTI	4:27:20	04:29:43:764	04:31:37:148	1127.24
13	GSI	18:49:35	18:50:12:632	18:50:41:678	1132.59
	SNSI	18:49:35	18:50:22:171	18:50:58:778	253.64
	SISI	18:49:35	18:50:21:641	18:50:57:796	330.20
	TRSI	18:49:35	18:50:32:415	18:51:29:426	325.92
	PPSI	18:49:35	18:50:41:281	18:51:32:931	415.60
	PDSI	18:49:35	18:50:39:304	18:51:29:724	484.21
	PSI	18:49:35	18:50:39:281	18:51:29:363	468.80
	BKNI	18:49:35	18:50:48:113	18:51:45:413	467.66
	MLSI	18:49:35	18:50:47:747	18:51:44:723	540.53
	KRJI	18:49:35	18:50:55:749	18:51:58:323	536.96
	SLSI	18:49:35	18:51:11:972	18:52:30:121	602.80
	MASI	18:49:35	18:51:10:819	18:52:23:128	732.80
	EGSI	18:49:35	18:51:26:934	18:52:54:109	723.85
	KSI	18:49:35	18:51:18:147	18:52:40:343	854.43
	LHSI	18:49:35	18:51:30:789	18:53:01:818	783.11
	MDSI	18:49:35	18:51:42:616	18:53:22:324	884.92
	TPRI	18:49:35	18:51:36:727		981.83
	KASI	18:49:35	18:51:53:191	18:53:42:368	933.73
14	SNSI	7:34:58	07:35:07:368	07:35:14:833	1067.90
	TPTI	7:34:58	07:35:19:749	07:35:36:209	53.01
	GSI	7:34:58	07:35:18:824	07:35:35:378	140.07
	TSI	7:34:58	07:35:34:353	07:36:01:755	132.39
	PSI	7:34:58	07:35:37:290	07:36:03:597	260.03

	KCSI	7:34:58	07:35:29:091	07:35:48:325	256.86
	MLSI	7:34:58	07:35:31:725	07:35:57:925	198.58
	TRSI	7:34:58	07:35:34:176	07:36:01:279	243.03
	PBSI	7:34:58	07:35:39:396	07:36:12:108	252.31
	SBSI	7:34:58	07:35:41:834	07:36:14:786	297.74
	RPSI	7:34:58	07:35:47:826	07:36:24:309	314.46
	SISI	7:34:58	07:36:02:936	07:36:47:119	349.21
	BKNI	7:34:58	07:36:07:988	07:37:02:171	465.12
	MKBI	7:34:58	07:36:22:862		522.20
	SLSI	7:34:58	07:36:44:275	09:38:07:454	715.17
	UBSI	7:34:58	07:36:54:595	07:38:24:956	824.69
	LHSI	7:34:58	07:37:07:313		899.72
	MDSI	7:34:58	07:37:20:535		1005.48
15	EGSI	9:36:23	09:36:45:451	09:36:57:647	1108.40
	MDSI	9:36:23	09:36:52:776	09:37:14:471	108.29
	MASI	9:36:23	09:36:43:903	09:36:59:711	205.23
	LHSI	9:36:23	09:36:45:164	09:37:01:498	138.08
	SLSI	9:36:23	09:36:54:562	09:37:20:426	145.95
	LWLI	9:36:23	09:36:52:551	09:37:14:528	222.92
	KASI	9:36:23	09:37:01:119	09:37:27:786	204.29
	MKBI	9:36:23	09:36:57:331		271.56
	KRJI	9:36:23	09:37:01:798	09:37:30:477	2246.63
	PMBI	9:36:23	09:37:05:042		272.14
	PPSI	9:36:23	09:37:07:853	09:37:39:606	310.02
	PDSI	9:36:23	09:37:20:662	09:38:08:846	313.17
16	SNSI	6:29:58	06:30:10.563	06:30:20.201	437.92
	GSI	6:29:58	06:30:17.247	06:30:31.957	70.25
	TSI	6:29:58	06:30:34.197	06:31:02.538	115.70
	TPTI	6:29:58	06:30:21.136	06:30:38.818	251.16
	TRSI	6:29:58	06:30:32.393	06:30:58.708	140.93
	PBSI	6:29:58	06:30:38.950	06:31:09.123	235.52
	MLSI	6:29:58	06:30:34.659	06:31:03.257	282.64
	SBSI	6:29:58	06:30:40.289	06:31:12.440	252.30
	LASI	6:29:58	06:30:40.994	06:31:12.932	296.67
	RPSI	6:29:58	06:30:44:676	06:31:20:280	296.63
	SISI	6:29:58	06:30:59.217	06:31:47.720	332.55
	BKNI	6:29:58	06:31:05.051	06:31:59.394	450.19
	PDSI	6:29:58	06:31:07.952	06:32:02.698	504.25
	PPSI	6:29:58	06:31:22:314	06:32:29.007	519.48
	KRJI	6:29:58	06:31:28.137	06:32:40.732	641.11
	MKBI	6:29:58	06:31:29:930		689.23
	SLSI	6:29:58	06:31:43.502	06:33:06.501	698.69

	MASI	6:29:58	06:31:46.678	06:33:11.723	807.40
	UBSI	6:29:58	06:31:52.578	06:33:23.285	831.97
	TPRI	6:29:58	06:31:50.891	06:33:18.182	883.43
	LHSI	6:29:58	06:32:05.950	06:33:46.236	863.43
	EGSI	6:29:58	06:31:45.373		988.53
	MDSI	6:29:58	06:31:36.796	06:32:54.552	822.02
	PMBI	6:29:58	06:31:18.086	06:32:22.278	754.16
	LWLI	6:29:58	06:31:43.395	06:33:06.954	609.41
17	PBSI	16:02:53	16:03:03.202	16:03:08.003	807.92
	SISI	16:02:53	16:03:18.645	16:03:38.865	34.98
	GSI	16:02:53	16:03:17.727	16:03:35.417	177.40
	SBSI	16:02:53	16:03:17.449	16:03:37.160	164.22
	TRSI	16:02:53	16:03:23.390	16:03:47.738	171.64
	RPSI	16:02:53	16:03:29.495	16:03:56.077	213.37
	PDSI	16:02:53	16:03:27.417	16:03:56.973	258.52
	BKNI	16:02:53	16:03:33.346	16:04:01.222	247.59
	SNSI	16:02:53	16:03:40.036	16:04:15.707	281.89
	PPSI	16:02:53	16:03:42.397	16:04:21.513	348.47
	PSI	16:02:53	16:03:33.086	16:04:01.759	366.64
	TPTI	16:02:53	16:03:45.862	16:04:24.868	285.64
	KRJI	16:02:53	16:03:50.140	16:04:30.882	375.35
	SLSI	16:02:53	16:04:05.356	16:04:58.180	412.74
	MKBI	16:02:53	16:03:48.174		535.28
	MASI	16:02:53	16:04:05.319	16:05:04.562	419.67
	MLSI	16:02:53	16:04:00.101	16:04:53.679	553.71
	TPRI	16:02:53	16:04:21.654		513.10
	MDSI	16:02:53	16:04:37.536	16:06:01.255	674.24
	EGSI	16:02:53	16:04:28.700	16:05:39.924	814.47
	LHSI	16:02:53	16:04:24.021	16:05:40.294	742.03
	KASI	16:02:53	16:04:50.958	16:06:22.007	711.91
18	GSI	20:22:45	20:22:54.402	20:23:01.207	917.12
	SNSI	20:22:45	20:23:08.128	20:23:25.827	50.70
	PSI	20:22:45	20:23:20.845	20:23:48.601	148.88
	TRSI	20:22:45	20:23:16.745	20:23:41.359	251.46
	SISI	20:22:45	20:23:35.245	20:24:14.518	218.59
	MLSI	20:22:45	20:23:31.313	20:24:07.596	367.70
	PDSI	20:22:45	20:23:45.071	20:24:32.227	336.11
	BKNI	20:22:45	20:23:45.336	20:24:32.772	447.43
	TPRI	20:22:45	20:23:31.628	20:25:55.981	449.85
19	LHSI	23:27:45	20:28:08.526		824.65
	EGSI	23:27:45	20:28:02.296	20:28:11.211	150.62
	KASI	23:27:45	20:28:13.641	20:28:32.195	80.83

	LWLI	23:27:45	20:28:07:842	20:28:20:093	180.15
	MASI	23:27:45	20:28:18:667	20:28:45:493	123.99
	SLSI	23:27:45	20:28:27:137	20:29:00:205	225.98
	BLSI	23:27:45	20:28:22:546	20:28:50:188	298.01
	PPSI	23:27:45	20:28:42:471	20:29:22:850	257.69
	MKBI	23:27:45	20:28:32:690		411.75
	PMBI	23:27:45	20:28:29:431	23:29:00:481	345.46
	KRJI	23:27:45	20:28:37:460	20:29:14:846	308.39
	JMBI	23:27:45	20:28:37:905	23:29:16:327	367.62
	SISI	23:27:45	20:29:03:536	20:30:02:663	281.71
20	MLSI	5:40:39	05:40:58:762	05:41:13:337	595.07
	TSI	5:40:39	05:41:29:457	05:42:08:694	114.32
	KCSI	5:40:39	05:41:20:156	05:41:51:934	356.55
	LASI	5:40:39	05:41:16:755	05:41:45:833	281.72
	SNSI	5:40:39	05:41:22:726	05:41:56:525	254.24
	PSI	5:40:39	05:41:39:668	05:42:26:950	302.51
	TRSI	5:40:39	05:41:45:913	05:42:38:755	439.23
	RPSI	5:40:39	05:41:54:780	05:42:54:153	490.56
	SBSI	5:40:39	05:41:56:610	05:42:57:516	561.55
	PBSI	5:40:39	05:42:03:820	05:43:10:465	576.78
	BKNI	5:40:39	05:42:22:836	05:43:44:593	634.85
	SLSI	5:40:39	05:43:04:266	05:43:58:840	788.61
	MKBI	5:40:39	05:42:53:053		1124.56
	UBSI	5:40:39	05:43:15:985		1034.05
	LHSI	5:40:39	05:43:27:392	05:45:40:240	1219.59
21	MLSI	1:47:25	01:47:47:634	01:48:05:076	1312.34
	KCSI	1:47:25	01:48:08:617	01:48:42:834	151.02
	PSI	1:47:25	01:48:27:797	01:49:17:142	322.19
22	TPTI	12:57:09	12:57:34:314	12:57:51:494	477.26
	MLSI	12:57:09	12:57:22:539	12:57:32:977	170.01
	KCSI	12:57:09	12:57:40:812	12:58:08:400	78.81
	SNSI	12:57:09	12:57:35:362	12:57:56:500	224.07
	LASI	12:57:09	12:57:44:404	12:58:07:657	177.23
	PSI	12:57:09	12:58:00:094	12:58:39:865	249.34
	TRSI	12:57:09	12:58:03:262	12:58:46:075	373.20
	RPSI	12:57:09	12:58:14:291	12:59:04:159	409.59
	SBSI	12:57:09	12:58:14:158	12:59:04:165	493.19
23	SISI	23:56:27	23:56:49:710	23:57:07:118	491.44
	PPSI	23:56:27	23:56:45:253	23:56:59:204	151.10
	KRJI	23:56:27	23:56:46:724	23:57:01:866	114.30
	SLSI	23:56:27	23:57:02:560	23:57:30:373	126.38
	SDSI	23:56:27	23:56:50:072	23:57:07:713	256.40

	MKBI	23:56:27	23:56:46:049		153.60
	PBSI	23:56:27	23:57:08:238	23:57:40.591	120.74
	BKNI	23:56:27	23:57:01:227	23:57:28.774	302.61
	JMBI	23:56:27	23:57:15.012	23:57:52.703	249.29
	LHSI	23:56:27	23:57:22.325	23:58:05.781	357.75
	EGSI	23:56:27	23:57:26:144	23:58:12:518	416.77
	RPSI	23:56:27	23:57:24:611	23:58:09:984	447.63
	PSI	23:56:27	23:57:35:718	23:58:29.817	435.66
	LWLI	23:56:27	23:57:37.947		525.77
	KCSI	23:56:27	23:57:52.108	23:58:59.371	543.81
24	MLSI	17:32:46	17:32:57:857	17:33:06:775	659.02
	TPTI	17:32:46	17:33:09:246	17:33:27:183	59.28
	KCSI	17:32:46	17:33:15.481	17:33:38.351	156.37
	SNSI	17:32:46	17:33:11:966	17:33:32:046	207.08
	LASI	17:32:46	17:33:18:210	17:33:43:276	178.30
	PSI	17:32:46	17:33:34:034	17:34:11:769	229.43
	TRSI	17:32:46	17:33:38.884	17:34:20.322	358.26
	PBSI	17:32:46	17:33:53:553	17:34:46.888	397.07
	RPSI	17:32:46	17:33:48:966	17:34:38.516	516.46
	SBSI	17:32:46	17:33:49:064	17:34:38.771	478.97
	SISI	17:32:46	17:34:14.226	17:35:23.976	479.95
	BKNI	17:32:46	17:34:15.503	17:35:26.290	683.96
	PPSI	17:32:46	17:34:37:709	17:36:06:125	694.71
	KRJI	17:32:46	17:34:42.092	17:36:13.894	874.84
	MKBI	17:32:46	17:34:43:769		909.99
	SLSI	17:32:46	17:34:55.826	17:36:38.577	923.81
	UBSI	17:32:46	17:35:06.604		1021.66
	JMBI	17:32:46	17:34:59.738	17:36:45.602	1109.40
	LHSI	17:32:46	17:35:18.617	17:37:19.405	1053.81
	EGSI	17:32:46	17:35:24.184	17:37:29.124	1207.39
	LWLI	17:32:46	17:35:35.548		1251.67
	KASI	17:32:46	17:35:44.612		1344.61
25	EGSI	13:12:57	13:13:14:454	13:13:17.923	1418.81
	KASI	13:12:57	13:13:22:398	13:13:41:894	114.12
	LWLI	13:12:57	13:13:19.577	13:13:36.298	162.22
	UBSI	13:12:57	13:13:33.591	13:14:02:732	149.95
	LHSI	13:12:57	13:13:32:182	13:13:57.073	262.21
	SLSI	13:12:57	13:13:50:666	13:14:32.372	242.91
	BLSI	13:12:57	13:13:31:772	13:13:57.210	401.77
	PMBI	13:12:57	13:13:48.097	13:14:28.310	246.64
	PPSI	13:12:57	13:14:00:035	13:14:52.459	384.41
	JMBI	13:12:57	13:14:01:828	13:14:49.846	493.38

	KRJI	13:12:57	13:13:58.440	13:14:47.178	480.34
	MKBI	13:12:57	13:13:52:362		468.00
	SISI	13:12:57	13:13:50.556	13:14:32.529	442.69
	SDSI	13:12:57	13:14:13.072	13:15:14.469	401.77
	BKNI	13:12:57	13:14:31.772	13:15:46.284	590.07
	SBSI	13:12:57	13:14:54:598	13:16:26:494	736.53
26	PPSI	21:29:36	21:29:50:540	21:30:01:629	915.06
	SLSI	21:29:36	21:30:10:370	21:30:37:205	87.48
	KRJI	21:29:36	21:30:00:744	21:30:19.819	247.64
	MKBI	21:29:36	21:29:54:983		169.67
	UBSI	21:29:36	21:30:03:854	21:30:25:408	123.13
	SISI	21:29:36	21:30:10:307	21:30:37:208	194.81
	EGSI	21:29:36	21:30:16.103	21:30:47.499	247.64
	LHSI	21:29:36	21:30:20:856	21:30:56:079	293.87
	SDSI	21:29:36	21:30:14:739		332.37
	BKNI	21:29:36	21:30:30.433	21:31:13.220	283.12
	LWLI	21:29:36	21:30:32:979	21:31:17:759	409.91
	JMBI	21:29:36	21:30:26.999	21:31:06:970	430.00
	KASI	21:29:36	21:30:41:454	21:31:33.014	381.20
	SBSI	21:29:36	21:30:46:654	21:31:42:380	498.91
	DSRI	21:29:36	21:30:47:364	21:31:43.679	540.84
27	UBSI	18:08:22	18:08:36:030	18:08:46.637	546.65
	EGSI	18:08:22	18:08:42:814	18:08:58:941	77.00
	LHSI	18:08:22	18:08:50:654	18:09:12:827	135.82
	MASI	18:08:22	18:08:42:527	18:08:58:225	199.84
	SLSI	18:08:22	18:08:53:787	18:09:18:352	132.80
	LWLI	18:08:22	18:08:59:018	18:09:27:885	224.83
	KRJI	18:08:22	18:08:55:773	18:09:22:042	268.01
	MKBI	18:08:22	18:08:51:631		241.37
	PPSI	18:08:22	18:08:57:391	18:09:24:882	207.85
	KASI	18:08:22	18:09:07:187	18:09:42:414	254.22
	PMBI	18:08:22	18:09:10:012	18:09:47:673	334.04
	SISI	18:08:22	18:08:53.714	18:09:18.346	357.49
	BLSI	18:08:22	18:09:15:842		224.83
	DSRI	18:08:22	18:09:30:216		404.96
	BKNI	18:08:22	18:09:29:364	18:10:22.383	521.67
	PBSI	18:08:22	18:09:40:563	18:10:42.563	514.21
	SBSI	18:08:22	18:09:49.550	18:10:58.69	605.72
	KCSI	18:08:22	18:10:25.584	18:12:03.178	678.73
28	SNSI	20:09:32	20:09:49:404	20:10:02:644	970.74
	KCSI	20:09:32	20:10:04:903	20:10:30.341	104.18
	TRSI	20:09:32	20:10:05:451	20:10:31:408	229.05

	SBSI	20:09:32	20:10:08:612	20:10:42.654	233.55
	PBSI	20:09:32	20:10:06:900	20:10:34:014	283.94
	PSI	20:09:32	20:09:59.943	20:10:21.593	245.43
	RPSI	20:09:32	20:10:17:440	20:10:52.895	189.08
	LASI	20:09:32	20:10:17.889	20:10:53.558	330.22
	BKNI	20:09:32	20:10:31.555	20:11:27.223	333.36
	KRJI	20:09:32	20:10:57.881	20:12:05.694	484.59
29	TPTI	14:29:17	14:29:30:296	14:29:39:207	657.52
	KCSI	14:29:17	14:29:31:077	14:29:40:550	27.47
	SNSI	14:29:17	14:29:42:931	14:30:00:604	45.60
	LASI	14:29:17	14:29:41:083	14:29:58:802	157.42
	MLSI	14:29:17	14:29:42:875	14:30:00:405	141.43
	PSI	14:29:17	14:29:44:984	14:30:05:256	155.01
	GSI	14:29:17	14:29:49:221	14:30:13:712	180.46
	TRSI	14:29:17	14:29:49:050	14:30:14:155	223.77
	RPSI	14:29:17	14:29:58.318	14:30:30.198	222.78
	MNSI	14:29:17	14:30:08:337	14:30:45.728	301.24
	PBSI	14:29:17	14:30:09:020	14:30:49.571	368.46
	BKNI	14:29:17	14:30:25.645	14:31:19.024	386.16
	UBSI	14:29:17	14:31:18.952		521.40
	MDSI	14:29:17	14:31:41.648		953.34
30	SNSI	23:32:39	21:32:46:462	21:32:51:980	1146.85
	KCSI	23:32:39	21:33:11:970	21:33:37:459	38.00
	MLSI	23:32:39	21:33:08:777	21:33:31:677	226.64
	GSI	23:32:39	21:33:11:259	21:33:36:008	200.43
	LASI	23:32:39	21:33:22:067	21:33:55:438	220.56
	PSI	23:32:39	21:33:24:126	21:33:59:493	307.74
	TRSI	23:32:39	21:33:25:105	21:34:01:120	325.45
	SBSI	23:32:39	21:33:33:566	21:34:16:125	333.20
	RPSI	23:32:39	21:33:36:960	21:34:22:393	400.80
	BKNI	23:32:39	21:33:59:458	21:35:02:721	428.59
31	PSI	9:11:58	09:12:18:977	09:12:35:294	610.54
	KCSI	9:11:58	09:12:26:461	09:12:48:571	13.97
	TRSI	9:11:58	09:12:21:871	09:12:40:466	148.57
	TPTI	9:11:58	09:12:31:134	09:12:56:929	88.50
	SBSI	9:11:58	09:12:28:260	09:12:51:700	198.56
	RPSI	9:11:58	09:12:25:020	09:12:46:057	168.30
	MNSI	9:11:58	09:12:35:011	09:13:04:011	131.97
	GSI	9:11:58	09:12:33:760	09:13:01:667	237.10
	LASI	9:11:58	09:12:32:218	09:12:58:975	224.56
	PBSI	9:11:58	09:12:44:883	09:13:21:642	209.80
	BKNI	9:11:58	09:12:49:146	09:13:29:242	327.24

	SNSI	9:11:58	09:12:40:836	09:13:14:382	364.56
	SISI	9:11:58	09:13:00:339	09:13:49:397	290.56
	MLSI	9:11:58	09:12:44:219	09:13:20:428	461.50
	PMBI	9:11:58	09:13:53:103	09:15:24:449	321.30
	MDSI	9:11:58	09:14:04:618	09:15:45:294	904.95
32	SISI	5:43:26	05:43:54:091	05:44:15:767	1001.30
	PDSI	5:43:26	05:43:46:124	05:44:01:539	194.22
	SLSI	5:43:26	05:43:56:680	05:44:20:404	128.86
	PPSI	5:43:26	05:43:43:862	05:43:57:536	215.91
	SDSI	5:43:26	05:43:48:525	05:44:05:967	109.86
	UBSI	5:43:26	05:44:02:070	05:44:30:089	149.51
	RGRI	5:43:26	05:44:02:537	05:44:30:972	259.67
	PBSI	5:43:26	05:44:12:724	05:44:49:335	263.77
	BKNI	5:43:26	05:44:02:913	05:44:31:762	347.01
	EGSI	5:43:26	05:44:20:138	05:45:02:798	267.26
	LHSI	5:43:26	05:44:15:864	05:44:54:981	407.69
	GSI	5:43:26	05:44:32:506	05:45:24:305	372.45
	DSRI	5:43:26	05:44:27:573	05:45:15:938	508.13
	MDSI	5:43:26	05:44:28:259	05:45:17:368	467.17
	SBSI	5:43:26	05:44:20:263	05:45:02:829	473.47
	RPSI	5:43:26	05:44:27:641	05:45:16:025	407.85
	PMBI	5:43:26	05:44:26:113	05:45:13:521	467.96
	PSI	5:43:26	05:44:39:266	05:45:37:050	456.44
	TRSI	5:43:26	05:44:30:597	05:45:21:394	562.59
	LWLI	5:43:26	05:44:31:419	05:45:23:050	491.90
	KASI	5:43:26	05:44:40:584	05:45:39:322	499.48
	TPRI	5:43:26	05:44:36:545	05:45:32:045	573.05
	TSI	5:43:26	05:44:51:376	05:45:58:640	540.20
	KCSI	5:43:26	05:44:56:029	05:46:07:115	660.53
	SNSI	5:43:26	05:44:55:393	05:46:05:801	698.85
	TPTI	5:43:26	05:44:57:086	05:46:09:008	692.83
	MLSI	5:43:26	05:45:14:089	05:46:40:069	707.41
33	GSI	4:00:04	04:00:34:855	04:00:58:301	848.02
	SNSI	4:00:04	04:00:29:547	04:00:48:815	197.32
	TPTI	4:00:04	04:00:45:391	04:01:17:325	154.39
	PBSI	4:00:04	04:00:48:084	04:01:22:146	282.49
	KCSI	4:00:04	04:00:53:095	04:01:31:114	304.12
	TRSI	4:00:04	04:00:55:427	04:01:35:562	344.73
	TSI	4:00:04	04:01:00:405	04:01:44:421	364.25
	PSI	4:00:04	04:00:58:440	04:01:40:719	404.66
	SISI	4:00:04	04:01:06:704	04:01:55:670	387.86
	MLSI	4:00:04	04:00:54:401	04:01:33:659	454.93

	SBSI	4:00:04	04:01:00:359	04:01:44:246	356.08
	LASI	4:00:04	04:01:05:070	04:01:52:793	403.73
	RPSI	4:00:04	04:01:07:274	04:01:56:605	441.88
	PDSI	4:00:04	04:01:20:236	04:02:19:948	459.47
	BKNI	4:00:04	04:01:23:298	04:02:25:267	564.40
	PPSI	4:00:04	04:01:29:226	04:02:36:175	588.12
	MKBI	4:00:04	04:01:39:748	04:02:55:022	636.96
	SLSI	4:00:04	04:01:55:471		722.28
	UBSI	4:00:04	04:02:01:663	04:03:34:417	849.18
	LHSI	4:00:04	04:02:16:204	04:04:00:675	900.11
	EGSI	4:00:04	04:02:16:028		1018.48
	MDSI	4:00:04	04:02:28:764		1016.71
	LWLI	4:00:04	04:02:31:503	04:03:50:084	1119.37
34	SLSI	12:04:20	12:04:39:485	12:04:54:389	1142.49
	UBSI	12:04:20	12:04:37:999	12:04:51:814	92.20
	MKBI	12:04:20	12:04:42:465	12:04:59:884	74.55
	LHSI	12:04:20	12:04:47:245	12:05:08:348	125.36
	PPSI	12:04:20	12:04:55:197	12:05:28:479	171.54
	SDSI	12:04:20	12:04:56:670		241.45
	JMBI	12:04:20	12:04:53:084	12:05:18:664	254.37
	MDSI	12:04:20	12:04:58:695	12:05:28:751	223.17
	EGSI	12:04:20	12:04:56:116	12:05:24:312	271.84
	PMBI	12:04:20	12:04:59:995	12:05:31:037	250.79
	PDSI	12:04:20	12:05:02:875	12:05:36:482	282.82
	SISI	12:04:20	12:05:13:134	12:05:54:850	307.92
	DSRI	12:04:20	12:05:13:490		394.05
	BKNI	12:04:20	12:05:14:056		396.38
	KASI	12:04:20	12:05:10:726	12:05:50:400	400.84
	MNSI	12:04:20	12:05:38:357	12:06:22:035	373.77
	SBSI	12:04:20	12:05:36:322		519.50
	RPSI	12:04:20	12:05:41:817		585.03
	GSI	12:04:20	12:05:51:175	12:07:02:845	630.64
	TPTI	12:04:20	12:06:14:592	12:07:44:783	706.72
	KCSI	12:04:20	12:06:12:684	12:07:41:447	898.37
	PSI	12:04:20	12:05:54:937	12:07:09:654	883.21
	SNSI	12:04:20	12:06:13:713		737.98
	MLSI	12:04:20	12:06:31:789		891.97
35	MKBI	18:30:01	18:30:14:756	18:30:25:053	1039.26
	SDSI	18:30:01	18:30:24:415	18:30:42:527	78.40
	PPSI	18:30:01	18:30:17:308	18:30:29:776	158.78
	SISI	18:30:01	18:30:37:490	18:30:49:789	100.43
	SLSI	18:30:01	18:30:32:146	18:30:56:450	191.12

	BKNI	18:30:01	18:30:38:741	18:31:08:367	221.42
	LHSI	18:30:01	18:30:51:012	18:31:30:415	274.91
	SBSI	18:30:01	18:30:55:628	18:31:38:647	374.66
	EGSI	18:30:01	18:30:54:798	18:31:37:013	411.94
	MNSI	18:30:01	18:30:47:236	18:31:23:484	404.67
	TRSI	18:30:01	18:31:06:042	18:31:54:223	343.16
	GSI	18:30:01	18:31:07:684	18:32:00:048	495.53
	MDSI	18:30:01	18:31:03:491	18:31:52:683	508.57
	LWLI	18:30:01	18:31:06:500	18:31:58:289	475.19
	KCSI	18:30:01	18:31:31:493	18:32:12:913	500.14
	TPRI	18:30:01	18:31:12:665		701.74
36	PPSI	20:07:25	20:07:35:810	20:07:43:768	549.55
	UBSI	20:07:25	20:07:56:826		60.12
	MKBI	20:07:25	20:07:46:805	20:08:03:542	218.81
	SLSI	20:07:25	20:08:03:176	20:08:32:707	138.47
	KRJI	20:07:25	20:07:52:595	20:08:13:718	269.58
	SISI	20:07:25	20:08:02:155	20:08:31:034	184.18
	PDSI	20:07:25	20:08:02:958	20:08:32:337	262.20
	EGSI	20:07:25	20:08:08:285	20:08:41:995	268.07
	MDSI	20:07:25	20:08:24:693	20:09:11:466	310.95
	LHSI	20:07:25	20:08:13:854	20:08:52:034	444.03
	LWLI	20:07:25	20:08:25:772		365.65
	JMBI	20:07:25	20:08:19:527	20:09:02:275	425.55
	MNSI	20:07:25	20:08:27:307	20:09:16:207	402.27
	PMBI	20:07:25	20:08:29:714	20:09:20:643	465.56
	KASI	20:07:25	20:08:34:110	20:09:28:506	485.13
	GSI	20:07:25	20:08:43:811	20:09:46:051	520.85
	DSRI	20:07:25	20:08:39:767	20:09:38:647	599.52
	SBSI	20:07:25	20:08:35:864		566.12
	TRSI	20:07:25	20:08:45:779	20:09:49:238	534.56
	PSI	20:07:25	20:08:54:764		614.17
	TPTI	20:07:25	20:09:10:179		687.38
	KCSI	20:07:25	20:09:10:296	20:10:33:375	812.37
	TPRI	20:07:25	20:08:51:410		812.99
37	EGSI	10:38:45	10:39:09:439	10:39:28:264	661.49
	MDSI	10:38:45	10:39:37:964	10:40:19:554	166.89
	KASI	10:38:45	10:39:38:975	10:40:21:341	397.92
	LHSI	10:38:45	10:39:34:578		405.78
	UBSI	10:38:45	10:39:23:012		370.17
	SLSI	10:38:45	10:39:41:581	10:40:26:064	277.60
	PMBI	10:38:45	10:39:55:076		426.84
	PPSI	10:38:45	10:39:31:976	10:40:01:160	536.26

	KRJI	10:38:45	10:39:40:537	10:40:24:353	349.63
	JMBI	10:38:45	10:39:56:810	10:40:53:550	419.23
	SDSI	10:38:45	10:39:56:222	10:40:52:551	550.80
	DSRI	10:38:45	10:40:18:114		546.27
	PDSI	10:38:45	10:39:56:271	10:40:52:502	723.50
	BKNI	10:38:45	10:40:13:165	10:41:22:722	546.27
	TRSI	10:38:45	10:40:39:420	10:42:10:087	682.70
38	MKBI	7:48:46	07:48:58:222	07:49:07:563	895.95
	SLSI	7:48:46	07:49:16:011	07:49:39:322	64.17
	KRJI	7:48:46	07:49:01:013	07:49:12:334	211.84
	PPSI	7:48:46	07:49:01:775	07:49:13:665	88.04
	SDSI	7:48:46	07:49:10:894	07:49:30:159	94.23
	SISI	7:48:46	07:49:15:311	07:49:38:262	169.84
	PDSI	7:48:46	07:49:08:899	07:49:26:419	206.51
	RGRI	7:48:46	07:49:24:577	07:49:54:682	153.14
	BKNI	7:48:46	07:49:25:897	07:49:56:919	281.09
	LHSI	7:48:46	07:49:34:122	07:50:11:987	291.31
	JMBI	7:48:46	07:49:30:283	07:50:04:930	359.07
	MNSI	7:48:46	07:49:34:694	07:50:12:712	327.44
	DSRI	7:48:46	07:49:48:529	07:50:37:835	362.53
	RPSI	7:48:46	07:49:50:546		475.83
39	KCSI	5:15:01	05:15:26:322	05:15:45:494	492.16
	GSI	5:15:01	05:15:17:744	05:15:30:699	153.75
	TPTI	5:15:01	05:15:25:064	05:15:43:083	96.58
	TRSI	5:15:01	05:15:23:009	05:15:39:160	143.16
	PSI	5:15:01	05:15:24:413	05:15:41:765	128.35
	SNSI	5:15:01	05:15:28:039	05:15:48:593	138.30
	TSI	5:15:01	05:15:28:715	05:15:49:792	167.49
	RPSI	5:15:01	05:15:35:125	05:16:01:362	173.01
	PBSI	5:15:01	05:15:38:183	05:16:06:834	224.87
	LASI	5:15:01	05:15:37:263	05:16:08:778	249.57
	MNSI	5:15:01	05:15:37:871	05:16:06:233	258.28
	SBSI	5:15:01	05:15:31:824	05:15:55:347	247.08
	SISI	5:15:01	05:15:58:147	05:16:42:695	198.12
	BKNI	5:15:01	05:15:58:274	05:16:42:815	410.87
	PDSI	5:15:01	05:16:02:966	05:16:52:208	411.78
	KRJI	5:15:01	05:16:24:109	05:17:29:499	449.52
40	SISI	14:36:22	14:36:39:253	14:36:52:478	621.44
	PDSI	14:36:22	14:36:45:053	14:37:02:763	102.52
	GSI	14:36:22	14:36:58:364	14:37:26:691	152.00
	BKNI	14:36:22	14:36:53:396	14:37:17:851	261.80
	SBSI	14:36:22	14:36:51:127	14:37:13:707	221.37

	MKBI	14:36:22	14:37:05:632	14:37:39:722	202.91
	PPSI	14:36:22	14:37:00:371	14:37:30:349	321.29
	KRJI	14:36:22	14:37:04:781	14:37:38:112	278.49
	TRSI	14:36:22	14:36:59:525	14:37:28:950	314.21
	SDSI	14:36:22	14:36:57:586	14:37:25:951	272.04
	RPSI	14:36:22	14:37:01:177	14:37:31:797	255.53
	PSI	14:36:22	14:37:08:796	14:37:45:360	285.11
	SLSI	14:36:22	14:37:19:955	14:38:05:407	346.55
	KCSI	14:36:22	14:37:23:762	14:38:11:346	437.77
	TPTI	14:36:22	14:37:23:302	14:38:11:544	464.78
	TSI	14:36:22	14:37:20:265	14:38:06:031	465.54
	SNSI	14:36:22	14:37:21:031	14:38:07:476	440.42
	JMBI	14:36:22	14:37:28:464	14:38:20:883	446.73
	UBSI	14:36:22	14:37:28:354	14:38:20:501	507.54
	TPRI	14:36:22	14:37:41:217		506.03
	DSRI	14:36:22	14:37:39:716	14:38:41:058	611.46
	LHSI	14:36:22	14:37:41:500	14:38:44:213	599.13
	EGSI	14:36:22	14:37:45:763	14:38:51:718	613.28
	PMBI	14:36:22	14:37:48:712		647.63
	MDSI	14:36:22	14:37:54:190	14:39:06:897	672.10
	KASI	14:36:22	14:38:06:751	14:39:29:545	715.81
41	MKBI	21:39:24	21:39:44:355	21:39:58:137	818.68
	SLSI	21:39:24	21:39:49:671	21:40:09:526	55.00
	PPSI	21:39:24	21:39:50:784	21:40:11:432	176.05
	KRJI	21:39:24	21:39:47:720	21:40:06:015	184.44
	LHSI	21:39:24	21:39:56:041	21:40:21:003	160.02
	EGSI	21:39:24	21:39:55:111	21:40:19:353	228.03
	SDSI	21:39:24	21:40:03:581		220.60
	MDSI	21:39:24	21:40:06:947	21:40:40:543	288.91
	PDSI	21:39:24	21:40:06:495	21:40:39:799	316.56
	PMBI	21:39:24	21:40:12:605	21:40:50:870	312.75
	JMBI	21:39:24	21:40:06:121	21:40:39:141	363.06
	SISI	21:39:24	21:40:12:571	21:40:50:631	310.11
	KASI	21:39:24	21:40:17:233	21:40:59:009	362.14
	BKNI	21:39:24	21:40:21:151	21:41:06:012	400.19
	DSRI	21:39:24	21:40:27:358		431.73
	MNSI	21:39:24	21:40:32:763	23:41:26:869	482.47
	SBSI	21:39:24	21:40:41:129	21:41:41:972	525.75
	RPSI	21:39:24	21:40:47:905		593.91
	GSI	21:39:24	23:40:53:168	21:42:03:570	649.61
	TPRI	21:39:24	21:40:41:779		691.50
	PSI	21:39:24	21:41:00:170	23:42:16:118	598.78

	KCSI	21:39:24	21:41:17:133	21:42:46:638	748.65
	SNSI	21:39:24	21:41:15:750		886.38
	MLSI	21:39:24	21:41:35:437	21:43:19:393	874.87
42	LASI	23:41:13	23:41:32:370	23:41:46:395	1034.87
	KCSI	23:41:13	23:41:45:854	23:42:10:988	111.60
	MLSI	23:41:13	23:41:45:601	23:42:10:772	216.19
	SNSI	23:41:13	23:42:06:468	23:42:48:164	214.91
	PSI	23:41:13	23:41:59:419	23:42:35:518	383.06
	TRSI	23:41:13	23:42:08:306	23:42:51:598	326.60
	SBSI	23:41:13	23:42:18:638	23:43:09:972	398.60
	GSI	23:41:13	23:42:16:468	23:43:06:070	481.33
	RPSI	23:41:13	23:42:12:483	23:42:58:939	463.84
	MNSI	23:41:13	23:42:27:193	23:43:25:269	431.79
	BKNI	23:41:13	23:42:41:524	23:43:51:279	550.04
	SISI	23:41:13	23:42:53:793	23:44:13:014	667.10
	KRJI	23:41:13	23:43:13:601	23:44:48:793	765.53
	PPSI	23:41:13	23:43:15:842	23:44:52:782	926.77
	JMBI	23:41:13	23:43:24:007	23:45:07:463	944.56
	LHSI	23:41:13	23:43:47:971	23:45:50:200	1011.38
	MDSI	23:41:13	23:44:00:295		1205.08
43	TRSI	7:16:25	07:16:31:881	07:16:34:504	1305.60
	SBSI	7:16:25	07:16:34:692	07:16:42:882	31.27
	PSI	7:16:25	07:16:42:822	07:16:56:754	56.01
	RPSI	7:16:25	07:16:40:085	07:16:51:855	101.31
	MNSI	7:16:25	07:16:46:018	07:17:02:694	82.30
	GSI	7:16:25	07:16:53:707	07:17:17:688	122.94
	PBSI	7:16:25	07:17:01:863	07:17:26:939	182.80
	KCSI	7:16:25	07:17:01:774	07:17:28:534	228.33
	TSI	7:16:25	07:16:55:560	07:17:17:325	243.62
	TPTI	7:16:25	07:17:04:689	07:17:35:031	198.62
	BKNI	7:16:25	07:17:04:788	07:17:34:556	271.27
	SISI	7:16:25	07:17:14:046	07:17:52:102	267.98
	SNSI	7:16:25	07:17:10:700	07:17:47:213	348.81
	LASI	7:16:25	07:17:11:383	07:17:47:435	319.63
	SDSI	7:16:25	07:17:20:591	07:18:02:574	321.73
	MLSI	7:16:25	07:17:21:386	07:18:07:116	397.12
	PPSI	7:16:25	07:17:35:672	07:18:31:333	408.55
	KRJI	7:16:25	07:17:31:784	07:18:28:360	519.09
	TPRI	7:16:25	07:17:46:512		504.79
44	PPSI	17:23:03	17:23:13:747	17:23:21:752	606.90
	MKBI	17:23:03	17:23:24:043	17:23:40:138	54.65
	UBSI	17:23:03	17:23:35:748	17:24:01:105	137.26

	KRJI	17:23:03	17:23:29:514	17:23:51:940	231.80
	SISI	17:23:03	17:23:37:455	17:24:04:247	181.73
	SDSI	17:23:03	17:23:42:161		245.59
	LHSI	17:23:03	17:23:52:604	17:24:31:645	283.58
	EGSI	17:23:03	17:23:47:526	17:24:22:443	368.82
	BKNI	17:23:03	17:23:56:775	17:24:38:891	327.51
	SBSI	17:23:03	17:24:11:205	17:25:05:166	401.58
	KCSI	17:23:03	17:24:45:576	17:25:06:662	519.60
	KASI	17:23:03	17:24:13:372	17:25:08:793	796.99
45	PPSI	17:14:21	17:14:33:636	17:14:44:317	536.00
	MKBI	17:14:21	17:14:45:202	17:15:03:496	72.92
	KRJI	17:14:21	17:14:50:888	17:15:13:686	144.75
	SISI	17:14:21	17:14:59:924	17:15:29:954	190.45
	SDSI	17:14:21	17:15:04:044	17:15:37:309	263.65
	EGSI	17:14:21	17:15:05:779	17:15:40:480	297.14
	LHSI	17:14:21	17:15:11:879	17:15:51:482	310.81
	BKNI	17:14:21	17:15:19:044	17:16:04:280	360.36
	MDSI	17:14:21	17:15:22:600	17:16:10:760	417.86
	LWLI	17:14:21	17:15:23:515	17:16:12:422	447.00
	JMBI	17:14:21	17:15:17:826	17:16:02:012	454.75
	SBSI	17:14:21	17:15:33:825	17:16:30:915	408.25
	KASI	17:14:21	17:15:31:968	17:16:27:515	538.09
	DSRI	17:14:21	17:15:38:079		522.69
	RPSI	17:14:21	17:15:42:046		572.29
	TRSI	17:14:21	17:15:43:674	17:16:48:273	606.37
46	PPSI	17:04:17	17:04:30:486	17:04:45:305	617.38
	KRJI	17:04:17	17:04:33:699	17:04:57:422	77.21
	MKBI	17:04:17	17:04:44:192	17:05:05:018	179.19
	SISI	17:04:17	17:04:38:452	17:04:57:787	133.10
	UBSI	17:04:17	17:04:55:174	17:05:28:722	267.97
	EGSI	17:04:17	17:04:47:904	17:05:11:800	209.91
	SDSI	17:04:17	17:04:59:614	17:05:32:874	304.10
	LHSI	17:04:17	17:05:05:003	17:05:42:523	288.73
	RGRI	17:04:17	17:05:10:675	17:05:52:626	347.71
	BKNI	17:04:17	17:05:13:084	17:05:58:877	393.22
	MDSI	17:04:17	17:05:15:811	17:06:01:971	412.18
	JMBI	17:04:17	17:05:10:863	17:05:53:087	435.23
	KASI	17:04:17	17:05:25:499	17:06:19:123	394.90
	LWLI	17:04:17	17:05:16:969	17:06:03:921	512.51
	PMBI	17:04:17	17:05:20:910	17:06:11:174	444.02
	SBSI	17:04:17	17:05:28:401	17:06:24:698	476.39
	BLSI	17:04:17	17:05:33:732	17:06:34:152	537.42

	RPSI	17:04:17	17:05:36:768	17:06:39:478	579.95
	TRSI	17:04:17	17:05:38:327	17:06:42:486	604.07
	GSI	17:04:17	17:05:36:859	17:06:39:747	617.54
	TPRI	17:04:17	17:05:43:125		605.09
	PSI	17:04:17	17:05:47:401	17:06:58:616	656.08
	KCSI	17:04:17	17:06:03:098	17:07:26:738	690.56
	TSI	17:04:17	17:05:59:352	17:07:20:150	817.19
	SNSI	17:04:17	17:05:58:962	17:07:19:484	787.37
	TPTI	17:04:17	17:06:03:098	17:07:26:711	784.36
	LASI	17:04:17	17:06:14:280	17:07:46:814	817.26
	MLSI	17:04:17	17:05:20:164	17:07:57:488	908.01
47	SNSI	1:05:37	01:05:42:605	01:05:46:723	955.86
	GSI	1:05:37	01:06:06:940	01:06:29:899	31.12
	KCSI	1:05:37	01:06:02:299	01:06:39:248	191.18
	MLSI	1:05:37	01:06:11:747	01:06:38:402	233.68
	PSI	1:05:37	01:06:22:447	01:06:57:518	299.77
	PBSI	1:05:37	01:06:26:431	01:07:04:878	315.95
	TRSI	1:05:37	01:06:22:461		348.76
	TSI	1:05:37	01:06:21:277	01:07:55:440	316.25
	RPSI	1:05:37	01:06:34:381		306.59
	SBSI	1:05:37	01:06:30:272	01:07:11:659	412.84
	LASI	1:05:37	01:06:23:248	01:06:59:057	379.14
	BKNI	1:05:37	01:06:55:712	01:07:57:568	322.60
48	PPSI	5:05:07	05:05:21:409	05:05:32:436	586.01
	MKBI	5:05:07	05:05:26:829	05:05:41:918	82.81
	SISI	5:05:07	05:05:45:052	05:06:14:677	125.69
	PDSI	5:05:07	05:05:44:459	05:06:13:598	272.75
	SDSI	5:05:07	05:05:46:433	05:06:19:166	267.86
	EGSI	5:05:07	05:05:48:248	05:06:20:300	284.00
	LHSI	5:05:07	05:05:53:114	05:06:29:238	298.31
	RGRI	5:05:07	05:05:59:114	05:06:40:055	338.03
	PBSI	5:05:07	05:06:05:791	05:06:51:973	386.98
	MDSI	5:05:07	05:06:03:973	05:06:48:780	440.22
	BKNI	5:05:07	05:06:01:933	05:06:47:043	426.03
	TRSI	5:05:07	05:06:27:848	05:07:31:659	409.55
	PMBI	5:05:07	05:06:08:917	05:06:57:793	619.20
	SBSI	5:05:07	05:06:17:847	05:07:13:708	466.34
	GSI	5:05:07	05:06:26:634	05:07:29:519	538.48
	RPSI	5:05:07	05:06:26:079	05:07:28:398	609.46
	KCSI	5:05:07	05:06:52:619	05:08:16:147	604.44
	SNSI	5:05:07	05:06:48:807	05:08:09:307	819.83
	TSI	5:05:07	05:06:48:867	05:08:09:376	789.32

	TPTI	5:05:07	05:06:52:734	05:08:16:314	788.99
	LASI	5:05:07	05:07:03:786		820.74
49	PSI	16:54:39	16:54:44:535	16:55:48:594	910.01
	KCSI	16:54:39	16:55:02:728	16:55:20:382	30.49
	TPTI	16:54:39	16:55:07:570	16:55:29:210	140.69
	TSI	16:54:39	16:54:56:078	16:55:09:123	179.45
	TRSI	16:54:39	16:54:51:819	16:55:02:694	98.55
	RPSI	16:54:39	16:55:03:101	16:55:21:272	73.99
	SBSI	16:54:39	16:55:05:158	16:55:25:006	143.80
	GSI	16:54:39	16:55:08:742	16:55:31:472	160.57
	LASI	16:54:39	16:55:12:362	16:55:37:862	189.61
	MNSI	16:54:39	16:55:13:450	16:55:39:813	218.15
	SNSI	16:54:39	16:55:17:582	16:55:47:146	227.17
	MLSI	16:54:39	16:55:23:600	16:55:58:153	260.26
	BKNI	16:54:39	16:55:30:724	16:56:11:087	310.21
	SISI	16:54:39	16:55:39:911	16:56:27:415	367.42
	SDSI	16:54:39	16:55:47:205	16:56:40:630	441.42
	KRJI	16:54:39	16:56:00:697	16:57:04:896	500.72
	JMBI	16:54:39	16:56:15:080		609.46
50	MLSI	15:36:45	15:36:53:975	15:37:00:473	725.87
	TPTI	15:36:45	15:37:10:596	15:37:29:986	50.96
	KCSI	15:36:45	15:37:11:874	15:37:32:116	155.81
	LASI	15:36:45	15:37:08:456	15:37:25:743	165.66
	TSI	15:36:45	15:37:20:678	15:37:47:976	138.28
	SNSI	15:36:45	15:37:21:881	15:37:50:136	236.77
	GSI	15:36:45	15:37:37:941	15:38:19:260	246.62
	PSI	15:36:45	15:37:31:140	15:38:06:994	377.30
	TRSI	15:36:45	15:37:38:067	15:38:19:221	321.96
	SBSI	15:36:45	15:37:48:748	15:38:38:625	377.55
	RPSI	15:36:45	15:37:46:243	15:38:34:073	464.59
	MNSI	15:36:45	15:37:56:514	15:38:52:599	443.81
	BKNI	15:36:45	15:38:14:663	15:39:25:043	527.42
	PDSI	15:36:45	15:38:22:617	15:39:39:504	637.70
	SISI	15:36:45	15:38:18:890	15:39:32:709	739.01
	SDSI	15:36:45	15:38:39:944	15:39:54:306	708.19
	RGRI	15:36:45	15:38:33:959		805.91
	KRJI	15:36:45	15:38:43:840	15:40:17:451	830.14
	MDSI	15:36:45	15:39:32:445	15:41:44:669	910.13
51	KCSI	13:55:40	13:56:06:841	13:56:27:131	1304.98
	LASI	13:55:40	13:56:03:142	13:56:20:211	166.74
	TPTI	13:55:40	13:56:05:735	13:56:30:242	136.34
	SNSI	13:55:40	13:56:17:109	13:56:45:782	157.23

	TSI	13:55:40	13:56:15:544	13:56:42:787	249.22
	PSI	13:55:40	13:56:26:199	13:57:01:842	236.02
	GSI	13:55:40	13:56:33:166	13:57:14:599	321.75
	RPSI	13:55:40	13:56:41:158	13:57:28:942	378.91
	SBSI	13:55:40	13:56:43:868	13:57:33:682	443.50
	MNSI	13:55:40	13:56:51:610	13:57:47:666	464.87
	SISI	13:55:40	13:57:14:030		527.88
	PDSI	13:55:40	13:57:17:772	13:58:34:626	709.43
	SDSI	13:55:40	13:57:25:943	13:58:49:468	739.61
	KRJI	13:55:40	13:57:38:865	13:59:12:583	806.17
	PPSI	13:55:40	13:57:37:205	13:59:09:766	910.66
	LHSI	13:55:40	13:58:14:820	14:59:77:164	897.67
	MDSI	13:55:40	13:58:27:402	14:59:99:795	1202.60
52	MLSI	7:37:05	07:37:12:760	07:37:18:398	1305.30
	KCSI	7:37:05	07:37:32:782	07:37:53:970	43.81
	LASI	7:37:05	07:37:29:723	07:37:48:522	173.58
	SNSI	7:37:05	07:37:41:688	07:38:09:771	149.31
	TSI	7:37:05	07:37:41:795	07:38:10:098	244.85
	PSI	7:37:05	07:37:52:141	07:38:28:743	246.36
	GSI	7:37:05	07:37:58:383	07:38:39:838	330.44
	TRSI	7:37:05	07:37:58:927	07:38:39:904	380.21
	RPSI	7:37:05	07:38:07:224	07:38:55:993	384.92
	SBSI	7:37:05	07:38:09:653	07:39:00:268	452.47
	MNSI	7:37:05	07:38:17:368	07:39:14:073	471.83
	BKNI	7:37:05	07:38:35:674	07:39:46:875	534.16
	SISI	7:37:05	07:38:39:396	07:39:53:690	681.64
	PDSI	7:37:05	07:38:43:408	07:40:00:985	712.37
	SDSI	7:37:05	07:38:51:870	07:40:15:950	745.30
	KRJI	7:37:05	07:39:04:668	07:40:38:911	813.15
	DSRI	7:37:05	07:39:20:729	07:41:07:846	916.59
	LHSI	7:37:05	07:39:40:673	07:41:43:598	1047.49
	EGSI	7:37:05	07:39:48:218	07:41:57:148	1209.27
	MDSI	7:37:05	07:39:53:314	07:42:06:244	1270.99
	PMBI	7:37:05	07:39:42:418	07:41:46:829	1312.06
	LWLI	7:37:05	07:39:57:945	07:42:14:535	1223.87
53	LHSI	19:07:16	19:07:36:294		1349.83
	UBSI	19:07:16	19:07:34:275	19:07:48:261	129.34
	EGSI	19:07:16	19:07:31:750		112.64
	MDSI	19:07:16	19:07:40:222	19:07:58:983	90.41
	KASI	19:07:16	19:07:46:925	19:08:11:007	162.92
	SLSI	19:07:16	19:07:51:270	19:08:18:893	218.40
	MKBI	19:07:16	19:07:56:529	19:08:28:379	253.65

	KRJI	19:07:16	19:07:59:253	19:08:33:164	296.77
	BLSI	19:07:16	19:07:55:707		318.94
	JMBI	19:07:16	19:08:02:628	19:08:39:144	290.26
	PPSI	19:07:16	19:08:05:249	19:08:43:893	346.17
	DSRI	19:07:16	19:08:22:738	19:09:15:325	367.07
	SISI	19:07:16	19:08:27:594	19:09:23:838	509.62
	PDSI	19:07:16	19:08:20:062	19:09:10:379	548.36
54	SNSI	0:44:39	00:44:57:193	00:45:10:815	487.36
	GSI	0:44:39	00:44:53:002	00:45:04:453	104.80
	PSI	0:44:39	00:45:04:441	00:45:41:666	80.63
	KCSI	0:44:39	00:45:01:501	00:45:36:480	235.24
	TRSI	0:44:39	00:45:01:245	00:45:37:692	211.96
	SBSI	0:44:39	00:45:18:845	00:45:49:653	217.40
	MLSI	0:44:39	00:45:20:600	00:45:52:828	271.15
	TSI	0:44:39	00:45:17:213	00:45:46:660	285.94
	RPSI	0:44:39	00:45:24:253	00:45:59:225	257.85
	LASI	0:44:39	00:45:24:505	00:45:59:777	314.36
	SISI	0:44:39	00:45:36:508	00:46:21:492	316.89
	PDSI	0:44:39	00:45:45:313		414.11
	BKNI	0:44:39	00:45:44:015	00:46:34:860	485.13
55	EGSI	15:31:03	15:31:11:556	15:31:17:769	474.84
	MDSI	15:31:03	15:31:33:391	15:31:56:973	35.07
	UBSI	15:31:03	15:31:24:382	15:31:40:828	214.93
	LHSI	15:31:03	15:31:30:287	15:31:51:326	142.31
	KASI	15:31:03	15:31:37:259	15:32:04:071	189.73
	KRJI	15:31:03	15:31:48:982	15:32:25:003	246.85
	BLSI	15:31:03	15:31:47:063	15:32:21:675	341.44
	PPSI	15:31:03	15:31:51:158	15:32:28:908	325.97
	PMBI	15:31:03	15:31:50:611	15:32:28:058	359.17
	PDSI	15:31:03	15:32:08:982	15:33:00:954	355.17
	SDSI	15:31:03	15:32:04:559		503.27
	JMBI	15:31:03	15:31:56:117	15:32:37:857	467.34
	SISI	15:31:03	15:32:15:324	15:33:10:618	399.15
	DSRI	15:31:03	15:32:16:636		546.90
	BKNI	15:31:03	15:32:22:597	15:33:25:497	565.70
	MNSI	15:31:03	15:32:35:330		613.43
	GSI	15:31:03	15:32:55:589	15:34:24:632	716.72
	PSI	15:31:03	15:33:02:710	15:34:37:572	880.52
	KCSI	15:31:03	15:33:19:858	15:35:08:255	939.21
	TPTI	15:31:03	15:33:20:897	15:35:09:934	1077.82
	SNSI	15:31:03	15:33:17:921	15:35:04:841	1085.58
56	PPSI	18:36:59	18:37:23:539	18:37:42:002	1062.69

	SISI	18:36:59	18:37:42:351	18:38:15:813	147.19
	PDSI	18:36:59	18:37:49:728		299.33
	EGSI	18:36:59	18:37:47:990		359.23
	JMBI	18:36:59	18:38:09:933	18:39:05:572	344.94
	BKNI	18:36:59	18:38:08:467	18:39:02:773	522.57
	GSI	18:36:59	18:38:22:648	18:39:28:317	510.28
	PMBI	18:36:59	18:38:18:505	18:39:20:880	625.52
	TRSI	18:36:59	18:38:28:384	18:39:38:598	591.78
	DSRI	18:36:59	18:38:30:330	18:39:42:288	671.41
	PSI	18:36:59	18:38:37:570	18:39:55:070	687.84
	TPRI	18:36:59	18:38:42:094		745.93
57	EGSI	4:35:20	04:35:28:706	04:35:35:250	782.51
	PPSI	4:35:20	04:36:06:457	04:36:42:930	36.84
	SISI	4:35:20	04:36:29:805	04:37:24:885	345.33
	JMBI	4:35:20	04:36:14:341		534.32
	PDSI	4:35:20	04:36:25:171	04:37:16:559	409.48
	DSRI	4:35:20	04:36:35:103		496.64
	BKNI	4:35:20	04:36:39:261	04:37:41:821	577.86
58	PPSI	11:20:02	11:20:39:338	11:21:03:368	610.84
	PDSI	11:20:02	11:20:39:742	11:20:52:356	253.88
	SISI	11:20:02	11:20:47:500	11:21:23:042	214.61
	BKNI	11:20:02	11:20:39:379	11:21:11:696	342.83
	EGSI	11:20:02	11:20:54:974	11:21:34:662	275.16
	GSI	11:20:02	11:21:20:981		384.28
	JMBI	11:20:02	11:20:27:090	11:21:42:181	618.21
	DSRI	11:20:02	11:20:45:429		163.72
59	GSI	7:19:46	07:20:07:122	07:20:23:317	315.62
	PBSI	7:19:46	07:19:57:544	07:20:06:128	139.92
	SISI	7:19:46	07:20:15:596	07:20:38:465	61.22
	PDSI	7:19:46	07:20:22:675		208.12
	BKNI	7:19:46	07:20:24:703		265.53
	TPTI	7:19:46	07:20:32:468	07:21:08:991	282.72
60	BKNI	1:11:30	01:11:54:307	01:12:13:245	345.48
	PDSI	1:11:30	01:11:56:076	01:12:16:258	85.63
	SISI	1:11:30	01:12:04:313	01:12:31:226	111.56
	GSI	1:11:30	01:12:17:784	01:12:55:379	207.07
	PPSI	1:11:30	01:12:16:248	01:12:52:542	333.10
	TRSI	1:11:30	01:12:10:108	01:12:41:649	319.39
	JMBI	1:11:30	01:12:26:846	01:13:11:450	263.34
	EGSI	1:11:30	01:12:53:890	01:14:00:011	412.30
61	MLSI	13:42:59	13:43:12:705	13:43:22:346	642.31
	KCSI	13:42:59	13:43:28:295	13:43:52:747	65.46

	TPTI	13:42:59	13:43:22:757	13:43:40:090	210.39
	SNSI	13:42:59	13:43:24:282	13:43:44:594	158.09
	GSI	13:42:59	13:43:45:290	13:44:20:069	157.07
	TSI	13:42:59	13:43:39:551		345.10
	RPSI	13:42:59	13:44:01:138		297.28
	MNSI	13:42:59	13:44:08:854	13:45:04:026	481.04
	BKNI	13:42:59	13:44:29:921	13:45:38:033	535.49
62	PMBI	23:05:02	23:05:36:256	23:06:03:056	695.76
	DSRI	23:05:02	23:06:04:546		190.08
	BKNI	23:05:02	23:06:28:018	23:07:36:325	456.56
	GSI	23:05:02	23:07:08:142	23:08:48:977	659.17
	KCSI	23:05:02	23:07:26:159	23:09:23:980	998.93
	SNSI	23:05:02	23:07:29:805	23:09:28:854	1161.49
63	SISI	18:22:30	18:22:48:946	18:23:03:257	1184.29
	MKBI	18:22:30	18:22:56:437	18:23:16:765	115.39
	SLSI	18:22:30	18:23:14:883	18:23:49:772	175.81
	KRJI	18:22:30	18:22:59:166	18:23:21:660	324.48
	MNSI	18:22:30	18:23:15:637	18:23:51:298	198.25
	LHSI	18:22:30	18:23:32:132	18:24:20:814	331.05
	UBSI	18:22:30	18:23:16:394	18:23:52:656	464.37
	BKNI	18:22:30	18:23:13:812	18:23:48:158	337.21
	TRSI	18:22:30	18:23:33:355	18:24:23:110	317.05
	MDSI	18:22:30	18:23:44:035	18:24:42:334	474.46
	RPSI	18:22:30	18:23:44:151	18:24:22:815	561.29
	KCSI	18:22:30	18:23:57:314	18:25:06:207	473.13
	KASI	18:22:30	18:23:55:129	18:25:02:263	668.59
	SNSI	18:22:30	18:23:52:819	18:24:58:042	650.87
	TSI	18:22:30	18:23:54:249	18:25:00:739	631.92
	TPRI	18:22:30	18:23:53:785		643.77
	DSRI	18:22:30	18:23:45:921		639.53
64	GSI	2:19:30	02:19:38:965	02:19:45:422	576.36
	TPTI	2:19:30	02:20:05:614	02:20:33:170	46.99
	KCSI	2:19:30	02:20:10:082	02:20:41:022	244.90
	SNSI	2:19:30	02:19:57:611	02:20:18:864	280.31
	TRSI	2:19:30	02:20:02:546	02:20:27:656	180.49
	TSI	2:19:30	02:20:03:684	02:20:41:545	220.18
	RPSI	2:19:30	02:20:13:731	02:20:47:737	309.30
	MLSI	2:19:30	02:20:20:989	02:21:00:628	310.40
	BKNI	2:19:30	02:20:28:712	02:21:14:613	368.20
65	MNSI	17:35:29	17:35:50:640	17:36:03:582	431.36
	GSI	17:35:29	17:35:56:327	17:36:03:611	124.29
	PSI	17:35:29	17:36:09:501	17:36:39:986	171.30

	TRSI	17:35:29	17:36:02:540	17:36:23:412	280.34
	BKNI	17:35:29	17:36:06:617	17:36:34:051	207.18
	RPSI	17:35:29	17:36:05:558		267.26
	TPTI	17:35:29	17:36:21:607	17:37:00:630	247.75
	SNSI	17:35:29	17:36:14:527	17:36:53:439	378.27
	KRJI	17:35:29	17:36:25:470	17:37:05:521	356.37
	TSI	17:35:29	17:36:21:400	17:36:55:241	403.44
	MLSI	17:35:29	17:36:39:165	17:37:27:643	368.29
	UBSI	17:35:29	17:36:50:714	17:38:18:030	516.91
	MDSI	17:35:29	17:37:15:751	17:38:37:761	596.53
	LWLI	17:35:29	17:37:17:175	17:38:43:789	805.51
	KASI	17:35:29	17:37:27:221	17:38:54:669	835.15
66	LHSI	5:29:08	05:29:28:606	05:29:44:510	909.05
	UBSI	5:29:08	05:29:18:424	05:29:28:092	135.27
	MDSI	5:29:08	05:29:36:773	05:29:59:089	55.69
	KRJI	5:29:08	05:29:44:073	05:30:12:295	201.10
	KASI	5:29:08	05:29:45:642	05:30:15:151	260.79
	PMBI	5:29:08	05:29:48:633	05:30:20:491	273.88
	BLSI	5:29:08	05:29:53:994		297.82
	DSRI	5:29:08	05:30:11:787		340.92
	BKNI	5:29:08	05:30:17:205	05:31:11:874	485.18
	GSI	5:29:08	05:30:52:507	05:32:15:116	530.21
	PSI	5:29:08	05:30:58:280	05:32:25:330	816.30
67	MLSI	18:18:38	18:18:44:155	18:18:48:513	862.48
	KCSI	18:18:38	18:19:08:707	18:19:32:266	33.53
	SNSI	18:18:38	18:19:13:509	18:19:40:886	199.26
	PSI	18:18:38	18:19:28:257	18:20:07:217	238.12
	GSI	18:18:38	18:19:32:063	18:20:14:131	356.82
	RPSI	18:18:38	18:19:43:393	18:20:34:405	387.77
	MNSI	18:18:38	18:19:52:536	18:20:51:099	479.23
	BKNI	18:18:38	18:20:11:384	18:21:24:709	554.03
	PDSI	18:18:38	18:20:18:492		705.47
	KRJI	18:18:38	18:20:39:683	18:22:15:587	763.29
68	KASI	2:08:58	02:09:02:818	02:09:06:636	935.03
	BLSI	2:08:58	02:09:09:512	02:09:17:500	24.93
	MDSI	2:08:58	02:09:19:793	02:09:35:582	59.98
	LWLI	2:08:58	02:09:13:849	02:09:25:736	127.73
	LHSI	2:08:58	02:09:32:274	02:09:58:515	90.76
	PMBI	2:08:58	02:09:39:614	02:10:11:992	228.49
	UBSI	2:08:58	02:09:45:176	02:10:21:802	288.85
	SLSI	2:08:58	02:09:55:763	02:10:40:717	333.21
	KRJI	2:08:58	02:10:08:745	02:11:04:121	418.43

	PPSI	2:08:58	02:10:18:666	02:11:21:960	523.74
	BKNI	2:08:58	02:10:38:685	02:11:57:997	603.76
69	PSI	22:24:15	22:25:02:707	22:25:40.122	765.98
	SISI	22:24:15	22:25:40:766	22:26:32:295	349.25
	BKNI	22:24:15	22:25:39:162	22:26:45:505	583.80
	PPSI	22:24:15	22:25:55:219	22:27:14:321	643.72
	KRJI	22:24:15	22:26:02:119	22:27:26:805	773.76
	UBSI	22:24:15	22:26:25:894		829.88
	MDSI	22:24:15	22:26:51:718	22:28:55:738	1022.05

Halaman ini sengaja dikosongkan

